



**Anna Monika
Kustra**

**Análise de viabilidade de um sistema de gestão e
aproveitamento energético de biomassa ao nível
municipal – o caso do município de Espinho**



**Anna Monika
Kustra**

Análise de viabilidade de um sistema de gestão e aproveitamento energético de biomassa ao nível municipal – o caso do município de Espinho

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energia e Gestão do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Luís António da Cruz Tarelho, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, e co-orientação do Professor Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

agradecimentos

Agradeço todo o apoio prestado pela Câmara Municipal de Espinho na recolha dos dados, Engº Joaquim Sá e Sector dos Jardins.

Ao meu orientador, Prof. Luís Tarelho, por toda a amizade e disponibilidade prestada.

Aos meus pais e irmão por tudo o que me deram e ensinaram para ser quem sou.

E a ti, Licínio, por toda a força e motivação que me transmitiste.

o júri

presidente

Doutor António José Barbosa Samagaio

Professor Associado da Universidade de Aveiro

Doutor Luís Eugénio Pinto Teixeira de Lemos

Professor Coordenador da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu

Doutor Luís António da Cruz Tarelho

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (Orientador)

Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (co-orientador)

palavras-chave

Resíduos verdes, biomassa, município, energia, pellets, estilha.

resumo

A necessidade de racionalização de custos tem vindo a obrigar as autarquias ao uso eficiente da energia, assim como ao recurso às energias renováveis, nomeadamente o recurso à biomassa.

O município de Espinho produz actualmente cerca de 870 toneladas de resíduos por ano sob forma de biomassa que têm como destino final a Central de Valorização Orgânica da Lipor.

De forma a valorizar esses recursos e a diminuir custos de gestão por parte da autarquia foram estudadas diferentes alternativas para a utilização da biomassa. Entre os vários cenários estudados incluem-se o aproveitamento da biomassa proveniente das podas das árvores e o aproveitamento da biomassa resultante da manutenção da Rede Viária Florestal, para produção de energia térmica numa caldeira de uma piscina ao encargo da Câmara Municipal de Espinho.

Da análise efectuada verificou-se que o aproveitamento da biomassa para produção de energia térmica era viável sob o ponto de vista de três vertentes: energética, financeira e ambiental.

keywords

Green wastes, biomass, municipality, energy, pellets, waste chips.

abstract

The need to rationalize costs have been forcing local authorities to use energy efficiently, as well as the use of renewable energy, including biomass.

The municipality of Espinho currently produces about 870 tonnes of waste in the form of biomass per year that are destined to end in the Central of Organic Valuation of Lipor.

In order to exploit these resources and to decrease costs by the municipality, were studied different alternatives to the use of biomass. Among the various scenarios studied include the use of biomass from the pruning of the trees and use of biomass resulting from the maintenance of Forest Roads for the production of thermal energy in a boiler in a pool in charge of the City Council of Espinho.

The analysis found that the use of biomass for power production was feasible from the point of view of three areas: energy, financial and environmental.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	v
Lista de abreviaturas	vii
Nomenclatura	ix
1 Introdução	1
1.1 Objectivos	1
1.2 Situação energética actual.....	3
1.3 Estratégia para o desenvolvimento sustentável	4
1.4 Recurso às energias renováveis.....	6
1.5 Enquadramento legal.....	7
1.6 A problemática das alterações climáticas.....	8
1.6.1 Perspectiva histórica.....	8
1.6.2 Protocolo de Quioto.....	11
1.6.3 Programa nacional para as alterações climáticas (PNAC)	12
2 Biomassa	15
2.1 A floresta Portuguesa	15
2.1.1 Florestação: perspectiva cronológica	16
2.1.2 Áreas florestais ardidas em Portugal.....	19
2.1.3 O valor da Floresta em Portugal.....	20
2.1.4 Internacionalização do mercado florestal.....	23
2.2 Biomassa para que fins?	24
2.3 Processo de fotossíntese.....	26
2.4 Métodos de quantificação da biomassa	27
2.5 Tipos de biomassa.....	29
2.6 Valorização energética da biomassa.....	31
2.6.1 Vantagens da biomassa como combustível para a produção de energia	31
2.6.2 Disponibilidade e aproveitamento da biomassa florestal para produção de energia.	32
2.7 Limitações e desvantagens do uso da biomassa	33
2.8 Propriedades da biomassa	34
2.8.1 Propriedades da biomassa.....	34
2.8.1.1 Teor de humidade	34
2.8.1.2 Massa volúmica aparente	35
2.8.1.3 Dureza mecânica	35
2.8.1.4 Granulometria	35
2.8.1.5 Teor de cinza	35
2.9 Pré-processamento da biomassa	36

2.9.1	Estilha	36
2.9.2	Biomassa densificada (Pellets).....	37
2.9.3	Processo de peletização.....	38
3	Compostagem.....	43
3.1	Processo de compostagem.....	44
3.2	Sistemas de compostagem.....	45
3.3	Interesse local do processo	45
4	Estudo de um caso: o município de Espinho	47
4.1	O município de Espinho	47
4.2	Caracterização do uso e ocupação do solo.....	47
4.2.1	Ocupação do solo no concelho de Espinho	48
4.2.2	Povoamentos Florestais	49
4.2.3	Áreas Protegidas, Rede Natura 2000 e Regime Florestal	51
4.2.4	Instrumentos de Gestão Florestal.....	51
5	Biomassa disponível para valorização material e energética	53
5.1	Áreas florestais do município.....	53
5.2	Biomassa proveniente das podas das árvores de alinhamento	55
5.3	Resíduos verdes provenientes de trabalhos de jardinagem.....	60
6	Definição e análise de cenários de gestão da biomassa disponível no município	63
6.1	Cenário 1	64
6.1.1	Situação actual do sector dos jardins	64
6.1.2	Situação actual no Balneário Marinho (piscina)	68
6.2	Cenário 2.....	71
6.3	Cenário 3.....	75
6.4	Cenário 4.....	79
6.5	Cenário 5.....	83
6.6	Cenário 6.....	83
7	Análise de resultados	87
7.1	Valorização energética.....	87
7.2	Valorização material.....	90
7.2.1	Análise de dados e proposta de melhoramento referente à utilização dos resíduos verdes provenientes das manutenções após a análise efectuada anteriormente, existe a necessidade de se propor uma alternativa ao destino final dos resíduos que são depositados na Central de Valorização Orgânica da Lipor (CVO).	90
8	Conclusões	91
8.1	Sugestões	92
	Referências Bibliográficas	93

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Estratégia para o desenvolvimento sustentável	4
Figura 1.2- Intensidade energética do PIB (Fonte: Aguiar, R, 2006).....	4
Figura 1.3 - Total de energia consumida na UE por combustível (Fonte: Costa, 2007).....	5
Figura 1.4 - Origem da energia eléctrica produzida em Portugal (Fonte: DGGE, 2005).....	5
Figura 1.5 - Metas das energias renováveis (DGGE,2005).....	7
Figura 1.6 - Enquadramento institucional das alterações climáticas	9
Figura 1.7 - Principais fontes de emissão de gases de efeito de estufa (Fonte: DGGE, 2005)	12
Figura 1.8 - Evolução prevista em diferentes sectores de actividade (Fonte: PNAC, 2006).....	13
Figura 2.1 - Taxa de arborização por concelho (Fonte: DGRF, 2001)	20
Figura 2.2 - Área florestal por espécie (Fonte: DGRF, 2007)	20
Figura 2.3 - Evolução das exportações e importações das fileiras florestais (Fonte:DGRF, 2007)	20
Figura 2.4 - Rendimento fundiário e empresarial anual.....	21
Figura 2.5 - Comparação do valor económico total do sector florestal em vários países da UE (Fonte: Merlo e Croiture, 2005)	22
Figura 2.6 - Evolução dos preços de madeira de pinho e eucalipto para tritar (Fonte: DGRF, 2007)	24
Figura 2.7 - Evolução dos preços da madeira de pinho em pé para serração (Fonte:DGRF, 2007)	24
Figura 2.8 - Consumo final da energia mundial em 2001 (Fonte: IEA, 2003)	25
Figura 2.9 – Vertentes do uso da biomassa (Klass,1998)	27
Figura 2.10 - EB	30
Figura 2.11 – TB.....	30
Figura 2.12 - Rendimento associado às várias utilizações da biomassa (Fonte: Ibrahim, G., 2007)	33
Figura 2.13 - Matriz plana (fonte: www.salmatec-ambh.de, 2005)	40
Figura 2.14 - Matriz do tipo cilíndrica vertical (fonte: www.salmatec-gmbh.de, 2006)	41
Figura 2.15 - Máquina peletizadora de matriz cilíndrica vertical.....	41
Figura 3.1 – Estratégia de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (Fonte: www.zeroresiduos.info)	43
Figura 4.1 - Mapa de uso e ocupação do solo (Fonte: PMDFCI)	49
Figura 4.2 - Povoamentos florestais no município de Espinho (PMDFCI)	50
Figura 5.1 - Zonas florestais do Município de Espinho	54
Figura 5.2 - Áreas florestais no município de Espinho	55
Figura 5.3 - Exemplificação do estilhamento	57
Figura 5.4 - Relação da proveniência dos resíduos verdes.....	61
Figura 5.5 - Quantidade de resíduos verdes recolhidos no município de Espinho	62

Figura 6.1 - Emissões de CO ₂ associadas aos veículos afectos às actividades do sector dos jardins	68
Figura 6.2 - Caldeira de água quente do Balneário Marinho	69
Figura 6.3 - Consumos de gás natural (m ³) no ano 2007	69
Figura 6.4 - Consumo de gás natural na caldeira no período (2004-2007)	70
Figura 6.5 - Comparação do uso de pellets vs gás natural.....	73

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Compromissos assumidos pelos Estados Membros	11
Tabela 2.1 - Indicadores económicos	23
Tabela 2.2 - Comparação do uso da biomassa (1971-2001) (Fonte:IEA, 2003)	26
Tabela 2.3 - Resíduos florestais estimados para Portugal (mil ton/ano)	28
Tabela 2.4 - Expressões utilizadas nos estudos de avaliação de biomassa	28
Tabela 2.5 - Massa de resíduos verdes provenientes de uma árvore por ano	28
Tabela 2.6 - Densidade e estimativa de resíduos por área e por ano (Fonte: IFN)	29
Tabela 2.7 - Tipos de biomassa	30
Tabela 2.8 - Estimativa de produção de biomassa (Fonte: Fórum Energias renováveis em Portugal, 2005)	31
Tabela 2.9 - Estimativa de disponibilidade de biomassa (Fonte: Costa, 2007)	31
Tabela 2.10 - Comparação estilha vs pellets (Fonte: CBE)	36
Tabela 2.11 - Características físicas e parâmetros de fabrico das pellets (Fonte: Obernberger and Thek, 2002)	38
Tabela 2.12 - Balanço energético da produção de pellets.....	42
Tabela 4.1 - Uso e ocupação do solo das freguesias de Espinho (PMDFCI)	48
Tabela 4.2 - Área florestal e área de incultos nas freguesias do concelho de Espinho	49
Tabela 4.3 - Povoamentos florestais (Fonte: PMDFCI)	50
Tabela 5.1 - Quantidade de árvores por espécie no município de Espinho	56
Tabela 5.2 - Massa e massa volúmica da biomassa resultante da poda de cada espécie de árvore	58
Tabela 5.3 – Biomassa proveniente de podas de árvores de alinhamento	59
Tabela 5.4 – Biomassa em base seca proveniente das podas das árvores	60
Tabela 6.1 – Encargos financeiros anuais associados à viatura cedida ao sector dos jardins.....	65
Tabela 6.2 – Encargos financeiros associados ao motorista da viatura dos jardins.	65
Tabela 6.3 – Encargos financeiros relativos ao transporte e descarga de resíduos verdes na Lipor.	65
Tabela 6.4 – Encargos financeiros associados ao motorista que efectua o transporte e descarga de resíduos verdes na Lipor.....	66
Tabela 6.5 - Resumo de encargos financeiros relativos ao sector dos jardins em 2007.	66
Tabela 6.6 - Emissões de CO ₂ provenientes da viatura ao serviço do sector dos jardins	67
Tabela 6.7 - Características da caldeira de água quente do balneário Marinho	68
Tabela 6.8 - Regime de funcionamento da caldeira.	70
Tabela 6.9 - Emissões de CO ₂ associado ao consumo de gás natural na caldeira do Balneário Marinho.....	71
Tabela 6.10 - Consumo de gás natural vs consumo de pellets	72
Tabela 6.11 - Encargo financeiro relativo a um carregamento de pellets	73

Tabela 6.12 - Período de retorno	75
Tabela 6.13 - Encargos financeiros associados à poda	76
Tabela 6.14 - Encargo financeiro relativo à descarga da estilha no Balneário Marinho.....	77
Tabela 6.15 - Período de retorno	78
Tabela 6.16 - Rede viária florestal do município de Espinho – extensão e área de limpeza (PMDFCI).....	79
Tabela 6.17 - Biomassa proveniente da manutenção das faixas florestais	80
Tabela 6.18 - Estimativa da energia que se conseguiria obter através do uso da biomassa provenientes das limpezas das áreas florestais	80
Tabela 6.19 – Percentagem de energia que se consegue obter através da manutenção das faixas da RVF.....	81
Tabela 6.20 - Encargo financeiro relativo à aquisição de pellets.....	81
Tabela 6.21 - Encargo financeiro relativo ao transporte de pellets.....	81
Tabela 6.22 - Período de retorno (Cenário 4)	82
Tabela 6.23 - Emissões associadas ao cenário 4.....	83
Tabela 6.24 - Total de energia útil que se consegue obter através da junção de dois cenários.....	84
Tabela 6.25 - Necessidades energéticas em termos de pellets	84
Tabela 6.26 - Encargo financeiro associado ao carregamento/descarga de biomassa	85
Tabela 6.27 - Emissões associadas ao cenário 6.....	85
Tabela 6.28 - Período de retorno no cenário 6	85
Tabela 7.1 - Resumo da quantidade de energia necessária	87
Tabela 7.2 - Resumo de encargos financeiros associados aos diferentes cenários	88
Tabela 7.3 - Resumo das emissões associadas aos diferentes cenários	89

Lista de abreviaturas

AT	– Altura do tronco
C	- Carbono
CEN	– Centro de Normalização Europeu
CME	– Câmara Municipal de Espinho
COP	– Conferência das Partes
DAP	– Diâmetro à altura do peito
DGF	– Direcção Geral das Florestas
DGFF	– Direcção Geral do Fomento Florestal
DGOGF	– Direcção Geral de Ordenamento e Gestão Florestal
DGRF	– Direcção Geral dos Recursos Florestais
GEE	– Gases de efeito de estufa
H	– Hidrogénio
H ₂ O	– Água
IBT's	– <i>Improved traditional Biomass Energy Technologies</i>
ICSU	– Conselho Internacional das Nações Unidas Científicas
IDE	– Investigação, experimentação e demonstração no sector florestal
IEA	– Agência Internacional de Energia
IFADAP	– Instituto do Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas
IFN	– Inventário Florestal Anual
INR	– Instituto Nacional de Resíduos
IPCC	– Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas
ITM	– Indústria Transformadora da Madeira
MADRP	– Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas
MDL	– Mecanismos de Desenvolvimento Limpo
N	– Azoto
O	– Oxigénio
OMN	– Organização Meteorológica Mundial
PAC	– Política Agrícola Comum
PAF	– Programa de Acção Florestal
PAMAF	– Programa de Apoio à Modernização Agrícola e Florestal

PFP/BM	– Projecto Florestal Português
PIB	– Produto Interno Bruto
PMDFCI	– Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
PNAC	– Plano Nacional para as Alterações Climáticas
PNALE	– Plano nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PNUMA	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RCM	– Resolução do Conselho de Ministros
RSU	– Resíduos Sólidos Urbanos
S	– Enxofre
SEP	– Sistema Eléctrico Português
SPCF	– Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais
UNFCCC	– Convenção Quadro Sobre Mudança Climática das Nações Unidas
VAB	– Valor acrescentado Bruto

Nomenclatura

A_{db}	- Quantidade de cinza	[g]
A_m	- Área de manutenção	[ha]
C_a	- Custo médio anual	[€/ano]
C_c	- Custo do combustível	[€]
C_{cb}	- Custo da caldeira a biomassa	[€]
C_{ds}	- Custo médio/descarga/semana	[€/descarga/semana]
C_{gn}	- Consumo médio de gás natural	[m ³]
C_m	- Custo médio/ hora do motorista	[€/h]
C_{mt}	- Custo do motorista	[€]
C_p	- Consumo de pellets	[ton]
C_t	- Custo do transporte	[€]
C_{te}	- Custo de transporte da estilha	[€]
C_{tp}	- Custo de transporte das pellets	[€]
D	- Distância	[km/dia]
d	- Distância percorrida	[km]
D_{ar}	- Densidade aparente de material húmido	[kg/m ³]
\bar{D}_d	- N° de quilómetros efectuados por descarga	[km/descarga]
D_{dm}	- Conteúdo de humidade da massa recebida (base seca)	[g/cm ³]
D_e	- Densidade da estilha	[kg/m ³]
D_g	- Densidade do gasóleo	[kg/L]
D_p	- Densidade das pellets	[kg/m ³]
DU	- Dureza mecânica	[Pa]
E	- Emissões de CO ₂	[kg CO ₂]
E_c	- Eneegia consumida	[kJ]
E_f	- Encargos financeiros	[€]
E_{fe}	- Encargos financeiros com equipamentos	[€]
E_{pn}	- Energia útil necessária em pellets	[kJ]
E_t	- Encargo financeiro por colaborador	[€]
E_T	- Energia térmica	[kJ]
E_{tn}	- Energia total necessária	[kJ]
E_U	- Energia útil necessária	[kJ]
E_{ue}	- Energia útil obtida através da combustão da estilha	[kJ]
E_{up}	- Energia útil proveniente das podas	[kJ]
F	- Frequência de descarga	[dias/semana]
F_c	- Factor de conversão	
F_e	- Factor de emissão de CO ₂	[kg CO ₂ /kg fuel]

F_o	- Factor de oxidação	
G	- Consumo médio da viatura	[Lgasóleo/km]
m_1	- massa do prato vazio	[g]
m_2	- massa do prato com amostra	[g]
m_3	- massa do prato com cinzas	[g]
m_a	- massa da amostra de pellets depois do tratamento	[g]
M_{ad}	- Conteúdo ponderal de humidade da amostra (base seca)	[%]
M_{ar}	- Conteúdo de humidade da massa recebida (base seca)	[%]
m_E	- massa da amostra de pellets	[g]
N	- Nº de dias/ ano	[dias/ano]
N_a	- Nº de semanas / ano	[semanas/ano]
N_c	- Nº de carregamentos	
N_m	- Nº de horas de serviço/dia	[h/dia]
N_p	- Nº de meses de poda	[meses]
P	- Custo médio do litro de gasóleo	[€/Lgasóleo]
PCI	- Poder calorífico inferior	[GJ/ton x 10 ⁻⁶]
\bar{Q}	- Quantidade média de litros de gasóleo gastos em 2007	[L]
Q_b	- Quantidade de biomassa	[ton]
\bar{Q}_E	- Consumo de litros de gasóleo pelo estilhador	[L]
Q_e	- Quantidade de energia necessária por ano	[kJ]
Q_{ep}	- Quantidade de estilha proveniente das podas	[ton]
Q_{gn}	- Custo do gás natural	[€]
Q_p	- Quantidade de pellets necessárias	[kg]
Q_{pe}	- Custo das pellets	[€]
Q_{pn}	- Quantidade de pellets necessárias	[ton]
r_{cb}	- Rendimento da caldeira a biomassa	
T_p	- Nº de colaboradores na poda	
V	- Volume do contentor	[m ³]
V_c	- Volume do compartimento	[m ³]
V_e	- Volume de estilha	[m ³]
V_p	- Volume de pellets	[m ³]

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJECTIVOS

No final dos anos setenta, a produção de energia através da utilização de fontes de energia renováveis foi incentivada e divulgada na Europa e nos Estados Unidos, tendo sido a produção de energia através dos resíduos verdes uma parte importante. Inicialmente através da valorização dos resíduos agrícolas, florestais e agro-industriais já existentes, e posteriormente dando cada vez mais importância à produção de biomassa com fins energéticos (Pereira, 2001). A sua classificação, segundo a Directiva 2001/77/EC de 27 de Setembro de 2001, é a “fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos” (ADENE/INETI, 2001). A presente dissertação irá centrar-se nos resíduos de floresta e resíduos verdes de trabalhos de jardinagem, a parte referente aos resíduos orgânicos de animais e humanos, não será abordada.

A biomassa é actualmente utilizada por milhões de pessoas essencialmente em países em desenvolvimento e que carecem de tecnologia (Bhattacharya, 2002), sendo utilizada num contexto de processos simples, ineficientes e extremamente poluidores. No que diz respeito aos países na União Europeia, no ano de 2000, a utilização da biomassa era respeitante somente a 3% do total de energia necessária.

Face à dependência Europeia no campo de energia de outros países, foi criado o White Paper: Energy for the Future: Renewable Resources of Energy que apontou como um dos objectivos principais o aumento da utilização da biomassa em 90 Mtep até ao ano 2010, passando nesse momento a contribuir com 50% das fontes de energia renováveis (EC,2000). No entanto à primeira vista tornou-se difícil atingir este objectivo sob o ponto de vista da utilização da biomassa somente para aquecimento. Surgiu então na altura a vertente do aproveitamento da biomassa para a produção de energia. Neste caso as metas estipuladas seriam mais reais, para o que seria necessário o uso de resíduos de agricultura, floresta, indústria transformadora da madeira e outros resíduos, assim como a utilização de culturas energéticas (EC,1997).

No panorama nacional, esta fonte de energia é maioritariamente utilizada para aquecimento doméstico com baixa eficiência energética, geralmente nas lareiras tradicionais. Nos últimos cinco anos têm aparecido várias alternativas de sistemas mais eficientes de uso doméstico que estão a ter grande aderência. A construção de centrais termoeléctricas a biomassa tem sido igualmente contemplada no panorama nacional. No entanto enquanto em Portugal o uso deste tipo de “bioenergia” tem crescido em pequenos passos, na Europa, em países como a Suécia, a Áustria e a Alemanha o recurso à biomassa tem ganho um espaço no campo das energias alternativas tendo vindo a revelar-se como uma boa alternativa às fontes de energia convencionais, sendo possível verificar através do número de centrais termoeléctricas que têm sido construídas nesses países. Em Portugal a adesão do mercado a este tipo de energia ainda verifica uma fraca penetração devido à imaturidade do mercado da energia, ao facto de se

utilizarem tecnologias relativamente recentes e aos problemas de operação nas instalações que se verificam (Barroso, 2001).

No que diz respeito ao plano político, o Protocolo de Quioto veio incentivar a redução dos gases de efeito de estufa, onde consequentemente foram contemplados e incentivados a utilização de biomassa para aquecimento. Por outro lado a preocupação e apoio da Comissão Europeia em relação ao fornecimento de energia na Europa melhorou a situação do uso e fornecimento da biomassa. Inicialmente a Comissão Europeia estabeleceu como meta até 2003 da introdução de 2000 MWt de sistemas de aquecimento a biomassa em edifícios de grande dimensão. Perante esta situação alguns países estabeleceram incentivos internos ao uso da biomassa o que proporcionou a abertura de maiores oportunidades no sector.

Em Portugal a Resolução de Conselho de Ministros nº 59/2001 de 30 de Maio, que aprovou a estratégia para as Alterações Climáticas e a Lei nº 93/2001 de 20 de Agosto que criou os instrumentos para a prevenção das alterações climáticas e seus efeitos, apresentaram o Plano Nacional para as alterações climáticas (PNAC), satisfazendo assim o compromisso nacional.

Neste sentido, a realização da presente dissertação vai de encontro ao descrito anteriormente numa perspectiva local com a máxima “pensar globalmente, agir localmente”. Os sistemas a biomassa têm-se revelado cada vez mais fiáveis e têm vindo a aumentar a sua procura nos sistemas de aquecimento doméstico, individual e colectivo. Os sistemas a biomassa densificada com recurso a pellets, briquetes e estilha permitiram a concorrência com sistemas tradicionais a gasóleo e butano através do seu funcionamento automático. Outra das razões que ajudou a emergir este tipo de energia foi o facto de Portugal apresentar um grande potencial e disponibilidade de biomassa, com viabilidade económica para o seu uso.

A presente dissertação tem por objectivo dar um contributo para o desenvolvimento, sensibilização e adopção deste tipo de tecnologia ao nível do panorama local, através do aproveitamento e rentabilização dos recursos existentes, neste caso a biomassa e consequentemente ajudar a atingir as metas propostas pela União Europeia no que diz respeito à emissão de CO₂, uso de energias denominadas alternativas e redução da dependência energética externa.

Estudo enquadra o aproveitamento de resíduos que são produzidos em trabalhos realizados pelos serviços de jardinagem da Câmara Municipal, tais como resíduos provenientes dos trabalhos de jardinagem, trabalhos de limpezas de terrenos e podas anuais de árvores. Verifica-se que este tipo de resíduos apresenta um grande potencial para ser valorizado, p.e. como combustível de uma caldeira a biomassa ou para compostagem tendo adjacente ao seu aproveitamento a redução de custos de gestão (transporte, valorização, de eliminação, etc). Entende-se que o estudo da viabilidade do aproveitamento de resíduos é de todo o interesse.

A presente tese encontra-se dividida em três partes, a primeira onde será efectuado um enquadramento teórico das várias áreas que abrangem a temática da biomassa, a segunda parte, onde é feita uma análise em termos de custos e emissões de vários

cenários/alternativas para o aproveitamento dos referidos resíduos e por último uma análise de toda a informação tratada.

1.2 SITUAÇÃO ENERGÉTICA ACTUAL

A escassez de recursos naturais renováveis em países industrializados levou ao consumo “fácil”, excessivo e desmedido de fontes de energia de origem fóssil, uma vez que existia grande disponibilidade das mesmas. Esta situação está a provocar em todo o mundo uma ameaça séria no sector energético, por um lado as graves consequências a alterações no ambiente que se têm vindo a verificar pelo excesso de consumo de energias de origem fóssil e por outro lado a instabilidade de uma oferta segura e adequada de energia a preços acessíveis.

Actualmente tem-se verificado a tentativa da existência de uma coordenação da protecção do ambiente, através da sensibilização social com a segurança energética, isto é, o contínuo fornecimento de energia a preços acessíveis aos diferentes países e mercados uma vez que o desenvolvimento humano e crescimento económico estão estritamente relacionados com o consumo energético. Grande parte do problema da poluição atmosférica e por sua vez das alterações climáticas provém da produção e utilização de energia, que representam cerca de 80% do total das emissões de gases com efeito de estufa.

Atendendo ao padrão actual de consumo a Agência Internacional de Energia (AIE) estima que o recurso ao petróleo aumentará 41% até ao ano 2030.

Portugal é actualmente o país da EU com maior dependência energética, importando cerca de 85% da sua energia sendo 58% de origem fóssil. A média europeia situa-se nos 40% de consumo de energia primária proveniente do petróleo (IEA, 2002).

Perante um cenário que se avizinha do esgotamento das fontes de energia de origem fóssil, torna-se inevitável e necessário o recurso às energias denominadas “alternativas” no sentido de se minimizar a actual crise energética e ambiental. É com este cenário que surge o termo da sustentabilidade energética associado ao desenvolvimento sustentável que pretende transmitir a ideia do facto de que o meio ambiente, o bem-estar e a economia terem de evoluir simultaneamente. Ainda no que diz respeito ao nível energético, a estratégia do desenvolvimento sustentável assenta em três pilares, a intensificação da eficiência energética e da cogeração, a fixação do CO₂ e o aumento da utilização das energias renováveis.

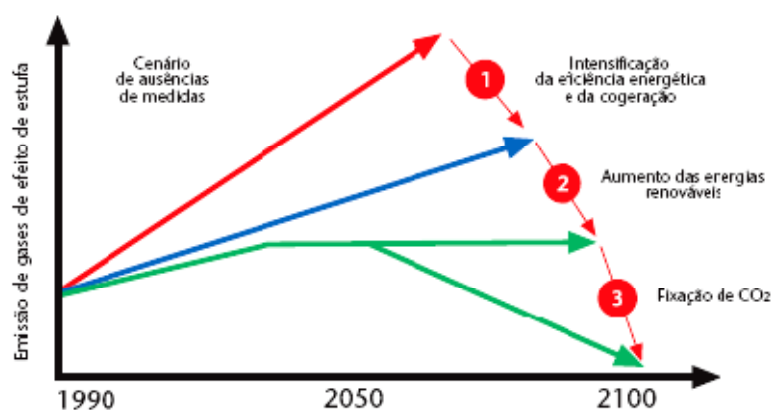


Figura 1.1 - Estratégia para o desenvolvimento sustentável

1.3 ESTRATÉGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Através da intensificação da eficiência energética e recurso à cogeração será possível uma menor procura de energia e com o recurso às energias renováveis reduzir o recurso às fontes de energia de origem fóssil assim como reduzir a dependência externa de energia. A conjugação das duas estratégias anteriores permitirá uma redução das emissões de CO₂ e conseqüentemente a diminuição de problemas ambientais.

No que diz respeito a Portugal, actualmente apresenta-se nos últimos lugares de “ranking” europeu em matéria de gestão energética, apesar dos seus consumos energéticos per capita serem metade dos da média europeia. Este facto deve-se ao PIB se apresentar com um crescimento a uma taxa inferior à do aumento do consumo de energia, isto é, actualmente Portugal necessita de um maior consumo de energia para a criação de uma quantidade de riqueza igual aos restantes países europeus.

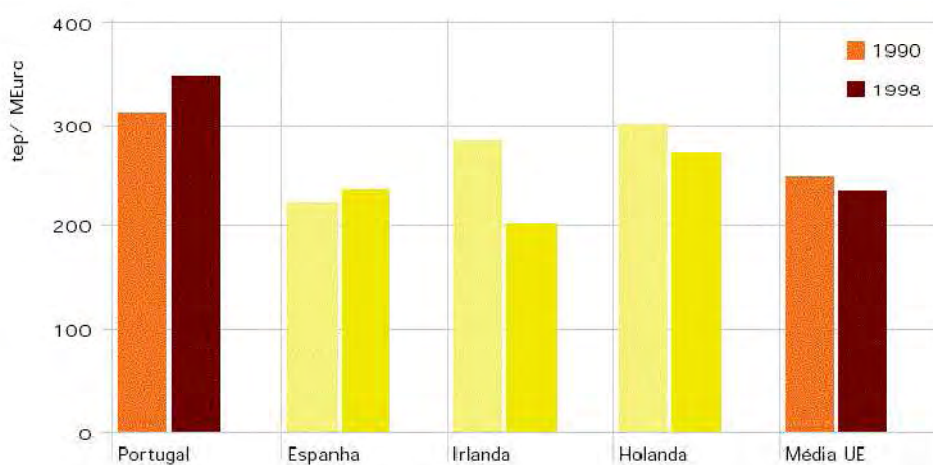


Figura 1.2- Intensidade energética do PIB (Fonte: Aguiar, R, 2006)

Deste facto advém um aumento superior à média europeia de emissões de CO₂.

A forte dependência externa de energia de Portugal e da Europa torna a tarefa da sustentabilidade energética mais complicada. Portugal importou 84% da energia que consumiu no ano de 2001 sendo cerca de 67% referentes ao petróleo. A EU apesar de conter apenas 6% da população mundial consome cerca de 14%-15% de energia representando este consumo 19% de todo o petróleo consumido mundialmente, 35% do urânio, 16% do gás natural e 10% do carvão (Costa,2007).

A figura seguinte apresenta os consumos energéticos nas diferentes formas pela UE-25.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Carvão e Linhite	350	345	347	333	323	299	306	307	305	314
Petróleo	614	622	636	636	652	646	636	649	641	646
Gás	285	309	342	339	352	366	377	388	389	408
Nuclear	214	219	228	230	230	238	238	246	249	251
Renováveis	77	80	82	85	88	90	93	97	95	103
Outras	4	4	2	3	3	4	5	4	5	3

Figura 1.3 - Total de energia consumida na UE por combustível (Fonte: Costa, 2007)

Repara-se que o consumo de energia se tem mantido relativamente estável, havendo apenas um aumento de consumo de gás e uma diminuição do consumo de carvão e linhite. É de referir que o recurso às energias renováveis tem aumentado. No caso de Portugal o consumo de energia tem vindo a aumentar gradualmente, sendo a maior parte desse aumento destinada à produção de energia eléctrica. A figura seguinte apresenta a produção nacional de energia eléctrica entre os anos 1994 e 2003 (DGGE,2005).

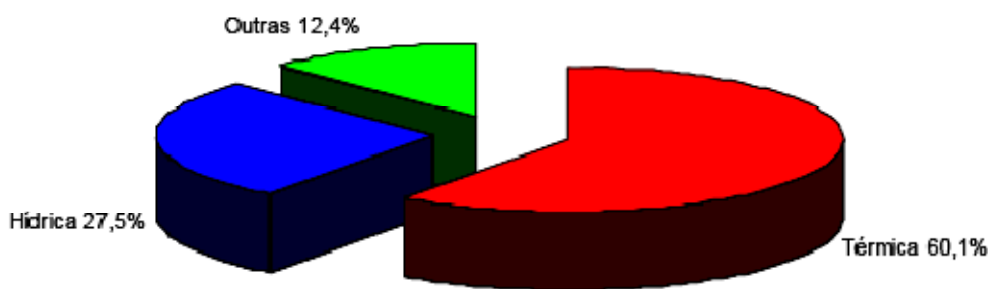


Figura 1.4 - Origem da energia eléctrica produzida em Portugal (Fonte: DGGE, 2005)

Os dados apresentados na figura correspondem a cerca de 16% da energia total consumida em Portugal.

A situação energética actual irá sofrer um “volte-face” através da instauração de um verdadeiro mercado energético assente em três princípios:

- Princípio da competitividade: através de um mercado competitivo o custo da energia diminuiria sendo para tal necessário o recurso à eficiência energética e ao investimento em novas tecnologias;
- Princípio da sustentabilidade: este princípio deveria surgir aliado à produção de energia de forma sustentável (cogeração) assim como com a efectivação de um comércio de emissões capaz;
- Princípio da segurança do aprovisionamento: o aumento desmedido dos preços da energia assim como cortes de energia poderão ser ultrapassados através de incentivos a empresas que invistam em novas infra-estruturas.

1.4 RECURSO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS

As energias renováveis desde sempre foram uma solução/ opção no que diz respeito à produção de energia, no entanto nunca se apresentaram como um elemento competidor face ao petróleo. O custo de investimento e o período de retorno sempre se mostraram muito pouco competitivos. No entanto, dado o panorama no sector energético aliado à temática das alterações climáticas e face à dependência da Europa dos combustíveis fósseis tornou-se necessária a procura de soluções de produção de energia denominada “limpa” a preços que conseguissem fazer frente aos praticados com o recurso aos combustíveis fósseis.

Com a assinatura do Protocolo de Quioto, a redução das emissões de gases com efeito de estufa (maioritariamente provenientes da queima de combustíveis fósseis) tornou-se uma prioridade incentivando o recurso às energias renováveis. No panorama nacional as medidas à redução de GEE são actualmente transpostas no Plano nacional para as Alterações Climáticas (PNAC).

A UE face à assinatura do Protocolo de Quioto elaborou o “White paper: Energy for the future: Renewable Sources of Energy” comprometendo-se com a duplicação da utilização de energias renováveis até 2010, sendo que 22,1% da produção de energia será afectada com recurso às energias alternativas assumindo um total de 12% do total da energia necessária. No que diz respeito a Portugal foi estabelecida uma meta de produção de energia eléctrica final a partir de fontes de energia renováveis na ordem dos 39%.

A figura 1.5. apresenta as metas estabelecidas pelos diferentes países da UE até ao ano 2010.

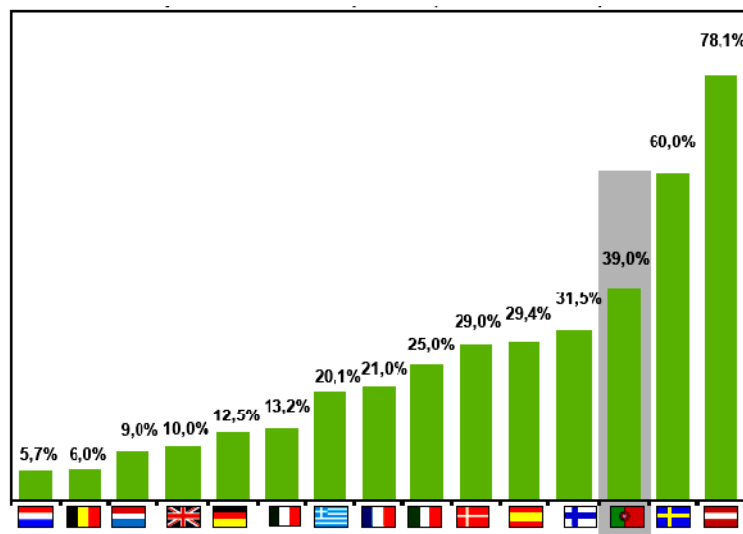


Figura 1.5 - Metas das energias renováveis (DGGE,2005)

Uma vez que a instauração de novas tecnologias assim como a mudança de atitudes e procedimentos são de extrema dificuldade tornou-se necessário em Portugal demonstrar e incentivar o uso de energias limpas. Neste sentido foram instituídas vantagens por parte do governo. Estão apresentadas várias vantagens económicas como o aumento de postos de trabalho, a criação de novas oportunidades de negócio, o aumento da diversidade de oferta de energia, tornando o mercado mais competitivo e diminuindo o custo da energia que é vendida ao público e empresas, o desenvolvimento económico em localidades que sejam contempladas com soluções de produção de energia com recurso às fontes renováveis, uma diminuição das emissões gasosas aliadas à melhoria da qualidade do ar.

1.5 ENQUADRAMENTO LEGAL

A par das vantagens empíricas apresentadas, foram igualmente regulamentadas a produção independente de energia eléctrica a partir de recursos naturais renováveis, quer seja efectuada por uma pessoa singular, ou colectiva, de direito público ou privado, independentemente da forma jurídica que assuma.

Os diplomas legais que regulamentam o anteriormente exposto são:

- Decreto – Lei nº. 189/88 de 27 de Maio, estabelece normas relativas à actividade de produção de energia eléctrica por pessoas singulares ou por pessoas colectivas de direito público ou privado;
- Decreto – Lei nº. 168/99 de 18 de Maio, revê o regime aplicável à actividade de energia eléctrica no âmbito do Sistema Eléctrico Independente, que se baseia na utilização de recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos;

- Decreto – Lei nº. 339- C/ 2001 de 29 de Dezembro, altera o Decreto-Lei nº 168/99 de 18 de Maio, que revê o regime à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do sistema eléctrico independente.
- Portaria nº. 295/2002 de 19 de Março, regula o procedimento de obtenção das licenças necessárias para produção de energia hidroeléctrica por pequenas centrais hidroeléctricas;
- Resolução do Conselho de Ministros nº. 63/2003 de 13 de Junho;
- Decreto – Lei nº 33-A/2005 de 16 de Fevereiro.

No que diz respeito aos dois últimos diplomas, a Resolução do conselho de Ministros nº. 63/2003 de 13 de Junho estabelecem as metas indicativas para a produção de energia eléctrica a partir de fontes de energia renováveis e apontam metas e medidas a tomar em relação à mudança de comportamentos por parte dos consumidores e produtores de energia acerca da eficiência energética.

O Decreto – lei nº 33-A/2005 de 16 de Fevereiro veio definir os procedimentos para a atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para a obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis. Alterou o Decreto – Lei nº. 189/88 de 27 de Maio revendo os factores para o cálculo da remuneração pelo fornecimento de energia proveniente de centrais renováveis, entregue à rede do Sistema Eléctrico Português (SEP).

1.6 A PROBLEMÁTICA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

1.6.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA

O problema das alterações climáticas que tem gerado inúmeras discussões pelo mundo fora foi pela primeira vez abordado e reconhecido como problema na primeira Conferência Mundial sobre o Clima em 1979, resultando daí o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o Conselho Internacional das Nações Unidas Científicas (ICSU) e o Programa Mundial do Clima sob a responsabilidade conjunta da Organização Meteorológica Mundial (OMN).

Foi a partir desta data e evento que começaram os grandes debates acerca de como as alterações climáticas que se começavam a verificar poderiam afectar a vida humana.

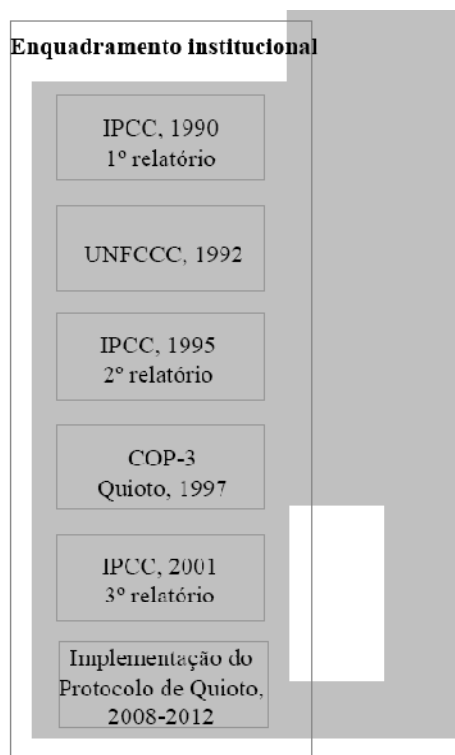


Figura 1.6 - Enquadramento institucional das alterações climáticas

Em 1988 é criado o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC), pelo programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMN) no sentido de se agilizar meios científicos para o estudo da problemática e avaliar o conhecimento existente até então sobre o clima.

Onze anos após a primeira Conferência Mundial sobre o Clima a OMN e o PNUMA realizam uma segunda conferência expressando a necessidade da realização de um tratado. É também neste ano que o IPCC apresenta o primeiro relatório concluindo que as alterações climáticas constituem um perigo para a humanidade.

Seguindo a Figura 1.6. no ano de 1992, a 9 de Maio é adoptada a Convenção Quadro sobre Mudança Climática das Nações Unidas (UNFCCC), sendo assinada por 154 países e a União Europeia durante a cimeira da Terra no Rio de Janeiro. Ficou desta forma assumido que era necessária uma actuação imediata no que diz respeito a alterações comportamentais das diferentes sociedades uma vez que as economias energéticas da maior parte delas assentavam no uso de combustíveis de origem fóssil e consequentemente a emissão de gases de efeito de estufa.

A responsabilidade comum relativamente ao problema das alterações climáticas foi reconhecida como princípio básico, no entanto de uma forma diferenciada, isto é, países mais desenvolvidos e consequentemente mais poluidores seriam os primeiros a assumir medidas e compromissos. Como tal, foi realizada uma distinção em dois grupos. No primeiro grupo (pertencente ao Anexo I da UNFCCC) constam: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Canadá, Comunidade Europeia, Croácia, Dinamarca, Eslováquia,

Eslovénia, Espanha, Estados Unidos da América, Estónia, Federação Russa, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Letónia, Liechtenstein, Lituânia, Portugal, Reino Unido, Irlanda do Norte, República Checa, Roménia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

Em 1994 entra em vigor a UNFCCC com a assinatura de 50 países que se submetem e aderem às responsabilidades das suas emissões de gases com efeito de estufa. Perante esta situação os países aderentes formaram os COP's denominados de Conferência das Partes que se passariam a realizar anualmente no sentido de se efectuar um ponto de situação da implementação das medidas. Nesta primeira reunião constatou-se que somente dois países, Alemanha e Reino Unido, haviam atingido os objectivos aos quais se tinham proposto sendo então revistos os compromissos dos restantes países.

No ano de 1996 é apresentado o segundo relatório do IPCC. Foi também neste ano que se realizou um Genebra a 2ª COP tendo daí resultado a Declaração de Genebra que apresentou a criação de obrigações legais tendo como meta a redução de emissões de CO₂. Esta Declaração constituiu a rampa de lançamento para a criação do Protocolo de Quioto.

Na terceira COP, o Protocolo de Quioto surgiu como um protocolo à Convenção sobre Mudança de Clima, estabelecendo medidas de actuação de forma a que os países industrializados constantes no Anexo I do referido diploma, que foram responsáveis por pelo menos 55% do total das emissões de CO₂ em 1990 reduzissem pelo menos 5% das emissões de GEE para os períodos de 2008 a 2012.

A enorme popularidade deste Protocolo adveio do facto de aparecerem pela primeira vez as “medidas flexíveis”, isto é, foram instituídos mecanismos de acção cooperativa para serem alcançadas as metas propostas.

O Protocolo de Quioto assenta em três princípios base: a “Joint Implementation” (implementação conjunta), o “Emission Trade” (comércio de emissões) e os mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL).

Em 1998 durante a 4ª COP foi estabelecido o Plano de Acção de Buenos Aires onde consta um cronograma para o acordo acerca das regras operacionais do Protocolo de Quioto passando o mesmo a estar aberto para assinatura desde então. No ano de 2000 (durante a COP -6) na Holanda (Haia) as negociações durante a convenção foram interrompidas uma vez que os Estados Unidos não entravam em acordo com a União Europeia no que diz respeito aos sumidouros e às actividades de mudança do uso da terra. Estas negociações foram retomadas numa convenção extraordinária realizada em Bona na Alemanha no ano de 2001 que ficou marcada pela quase ratificação do Protocolo de Quioto sem o apoio dos EUA. No mesmo ano teve lugar a COP7 em Marraquexe, em Marrocos, na qual foram estabelecidas as regras operacionais essenciais à ratificação do Protocolo de Quioto, foi estabelecido o “rulebook” de Quioto e foi introduzido o termo de “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”. Foi igualmente neste ano apresentado o 3º relatório da Avaliação por parte do IPCC.

O ano de 2002 ficou marcado pela ratificação do Protocolo de Quioto pelo Japão e EU e em 2003 na COP9 foram definidas as regras de inclusão dos projectos de reflorestação e florestação nos MDL.

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 2005 tendo em 2006 se verificado uma redução de cerca de 20% do total de redução esperado por Quioto.

No ano passado a União Europeia assumiu o compromisso de reduzir 20% até 2020 as emissões de CO₂ e no panorama nacional foi revisto o PNALE para o período de 2008-2012 e igualmente em Portugal foi criado o fundo Português de carbono através do DL 71/ 2006 de 24 de Março.

1.6.2 PROTOCOLO DE QUIOTO

Apresenta-se de seguida uma descrição mais detalhada do Protocolo de Quioto, uma vez que é neste documento que estão definidas as metas em termos de CO₂.

Como foi referido no ponto anterior este Protocolo foi estabelecido no ano de 1997 na cidade de Quioto, no Japão, na terceira Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas, tendo como objectivo fundamental o estabelecimento de um compromisso vinculativo para a redução de GEE no período de 2008-2012. Com as metas apontadas, no período referido a redução de GEE representará uma redução de 5,2% em relação às emissões de 1990. A UE assumiu uma redução de emissões de GEE na ordem dos 8%, tendo repartido as reduções pelos diferentes países, assumindo desta forma o Protocolo como um bloco.

Tabela 1.1 - Compromissos assumidos pelos Estados Membros

País	Meta
Luxemburgo	- 28%
Alemanha	- 21%
Reino Unido	- 12,5%
Itália	- 6,5%
Finlândia	0%
Suécia	+ 4%
Espanha	+ 15%
Dinamarca	- 21%
Áustria	- 13%
Bélgica	- 7,5%
Holanda	- 6,0%
França	0%
Irlanda	+ 13%
Grécia	+ 25%
Portugal	+ 27%

Dado tratar-se de uma questão que gera várias alterações ao nível do PIB de cada país, as negociações e adesões dos vários países têm sido de uma grande complexidade. Em relação à meta estabelecida para Portugal, até ao ano de 2010, esta é de um elevado grau de exigência de tal forma que, apesar de apresentar actualmente níveis de emissões de GEE per capita inferiores à UE apresenta uma intensidade superior de GEE

por unidade de PIB. No que diz respeito à parte do sector industrial, o sector da energia é o que maior quantidade de emissões de GEE (73,1%) produz.

A figura seguinte apresenta as principais fontes de emissão de gases de efeito de estufa.

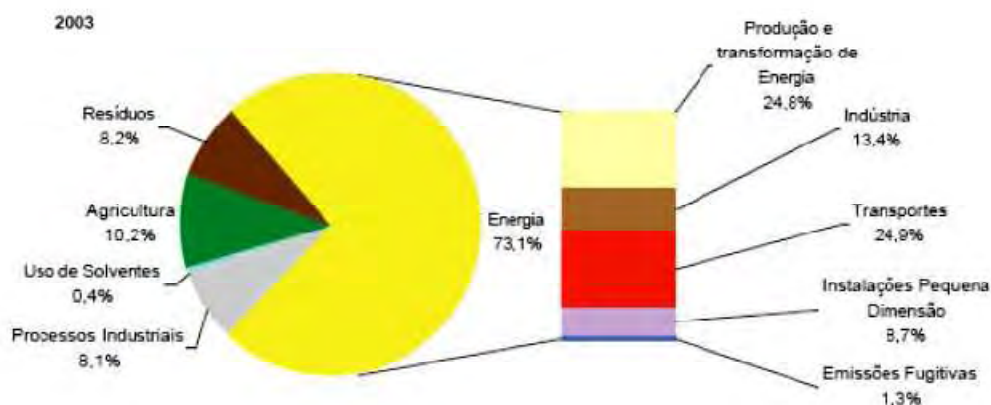


Figura 1.7 - Principais fontes de emissão de gases de efeito de estufa (Fonte: DGGE, 2005)

1.6.3 PROGRAMA NACIONAL PARA AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS (PNAC)

No seguimento da ratificação do Protocolo de Quioto, ao nível do panorama nacional foi elaborado o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) em 2001, constituindo um documento orientador e responsável pela identificação de um conjunto de medidas políticas relacionadas com a emissão de GEE (paralelamente a este programa foi igualmente aprovado um Programa de Avaliação e Monitorização do PNAC, em 2005, que visa a realização de indicadores de cumprimento, execução e eficácia ambiental a nível nacional por sector de actividade das medidas previstas). Tem como objectivo a avaliação do compromisso de Portugal face ao primeiro período de cumprimento do Protocolo de Quioto através da actualização da informação de natureza macroeconómica, as políticas e as medidas de minimização do não cumprimento. Fornece ainda estimativas e projecções de emissões de GEE para o ano 2010 (ano intermédio). Uma vez signatário do Protocolo de Quioto, Portugal tem um compromisso partilhado com a UE do controlo das emissões de GEE de tal forma que no período de 2008-2012 essas mesmas emissões não deverão exceder 27% dos níveis registados em 1990. As primeiras projecções de emissões para 2010 apontam para 87,96% Mt CO₂e/ano tendo sido atribuído a Portugal 77,19 Mt CO₂e/ano, apresentando desta forma um défice de cerca de 10 Mt CO₂e/ano. A ter em conta a introdução de certas Directivas Comunitárias relacionadas com metas de reciclagem e ainda as alterações no uso do solo e das florestas, o défice deverá fixar-se nos cerca de 4 Mt CO₂e/ano havendo desta forma a necessidade de recurso a outras medidas de acção.

A figura 1.8. apresenta uma comparação das emissões de CO₂ previstas para o ano 2010 e as verificadas em 1990.

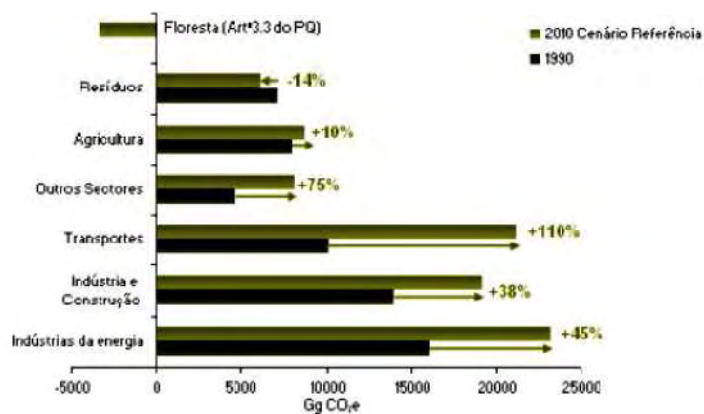


Figura 1.8 - Evolução prevista em diferentes sectores de actividade (Fonte: PNAC, 2006)

Verifica-se que o sector da energia, tal como em 1990 é o maior responsável pela emissão de GEE, no entanto é o sector dos transportes que revela um maior crescimento de emissão de GEE. O sector dos resíduos deverá ser o único que sofrerá uma regressão.

2 BIOMASSA

No início deste capítulo, e antes de se abordar mais especificamente a temática da biomassa, torna-se necessária uma abordagem à temática da floresta uma vez que é de onde a maior parte da biomassa provém.

Actualmente a área florestal existente no Planeta Terra cobre cerca de 30% da sua superfície, um valor bastante reduzido face ao potencial existente. A localização das áreas florestais está directamente relacionada com a disponibilidade de luz solar (energia radiante), com as características físicas e químicas do solo e com a quantidade e distribuição da precipitação ao longo do ano. Muitas das regiões onde não se verificam as condições ideais de formação de densas florestas, a vegetação adaptou-se formando diferentes biomas muito diversificados. No entanto actualmente têm-se verificado a extinção de muitas das “manchas” verdes existentes no planeta com especial enfoque para as florestas situadas nas regiões mediterrâneas. Estas florestas têm vindo a perder as suas características próprias verificando-se mais regularmente áreas deserdadas provocadas pela erosão do solo.

De realçar que as florestas desempenham no ecossistema funções extremamente vitais como a protecção do ambiente em geral e da agricultura, o desenvolvimento do bem-estar das populações e como a produção de madeira e lenha, energia e alimentação.

Em matéria de protecção do ambiente, o papel da floresta apresenta-se através da produção de oxigénio e filtração do ar, protecção da estabilidade dos solos, conservação da flora e da fauna, regulação do regime hidrológico, domínio do ciclo do dióxido de carbono e consequentemente da regularização da temperatura e protecção dos patrimónios naturais especialmente as paisagens.

2.1 A FLORESTA PORTUGUESA

Em Portugal, entre os séculos XVI e XIX verificou-se uma desflorestação acentuada, tendo como motivo principal a necessidade da criação de terras de cultura. Na base da desflorestação estiveram a extracção de madeiras, o abastecimento em zonas florestais, o sobrepastoreio e a utilização da lenha e do carvão como meios energéticos.

A juntar aos motivos anteriormente descritos está interligado o facto de Portugal não possuir um plano de ordenamento de território bem delineado assim como uma política agrícola que defendesse os valores da floresta.

Em 1961 este problema viria a ser abordado pelo então Secretário de Estado da Agricultura, Luís Quartin Graça no livro “75 anos de actividade na arborização das serras” no qual chamava à atenção para a problemática da desflorestação.

Actualmente este problema atinge diferentes contornos que deverão ser analisados em três diferentes vertentes: económica, social e ambiental.

2.1.1 FLORESTAÇÃO: PERSPECTIVA CRONOLÓGICA

- Final da década de 70

No final dos anos 70, surgem as primeiras perspectivas de entrada de Portugal para a União Europeia (1986) adjacente à qual se encontrava a intensificação da arborização numa perspectiva industrial face ao mercado Europeu. Em 1977 é criada a Direcção Geral do Fomento Florestal em detrimento do Fundo de Fomento Florestal.

- 1981

Resultante de Lei nº 44/80 de 20 de Agosto o Projecto Florestal Português (PFP/BM) surgiu como uma tentativa de colmatação das lacunas verificadas e previsíveis de madeira. Fomentou ainda a criação de linhas de crédito de investimento na área florestal e incentivou a criação de projectos piloto por parte das cooperativas e associações florestais.

Resultaram do PFP/BM 150000 hectares arborizados dos quais 60000 pela DGOGF e a Portucel e os restantes 90000 pelo estado Português.

- 1983

É criada a Direcção Geral das Florestas (DGF) sendo extinta a DGFF, no entanto os trabalhos que haviam vindo sendo realizados foram concluídos, apresentando no final 24300 hectares arborizados, 97 hectares de plantas e 60000 hectares de pastagens.

- 1986

Através do DL 56/86 de 6 de Outubro é aprovada a lei Orgânica da DGF com o objectivo principal de “contribuir para a definição da política florestal, assegurar a gestão dos recursos florestais, silvopastoris, cinegéticos e apícolas, das áreas públicas e a gestão dos recursos de outras entidades” (DL 56/86 de 6 de Outubro)

Entre 2 e 6 de Dezembro ocorreu o 1º Congresso Florestal Nacional em Lisboa de onde resultou o reconhecimento de que o desenvolvimento florestal do país depende da existência de uma política florestal, na qual o apoio à floresta privada deveria ser um objecto prioritário, com forte empenho da administração pública. Foi igualmente conclusão o facto da necessidade de se ultrapassar a polémica “ambiente-economia” e a necessidade da preservação do mosaico do ecossistema.

- 1988

É lançado um conjunto de diplomas relacionados com a temática das florestas que ficou conhecida como o “pacote florestal”. Entre os vários diplomas o DL 175/88 de 17 de Maio veio contemplar com um estudo de impacte ambiental todos os projectos florestais.

Foi neste ano criado o Programa de Acção Florestal (PAF) com vista ao melhoramento da situação estrutural do sector agrário. No DL 95/87 de 4 de Março que foram definidas as medidas de aplicação do PAF sendo reconhecida a importância florestal na agricultura comunitária. Face à dimensão do PAF houve necessidade da criação de 5 sub-programas dos quais ficaria encarregue um organismo gestor regional.

O alcance inicial da criação do PAF foi a arborização de 400000 hectares e a beneficiação de igual área, o uso múltiplo e a construção de uma rede de infra-estrutura

com uma previsão de investimento inicial de 10 milhões de contos para o período de 1985 a 1996. A cargo da DGF ficou a responsabilidade pela aprovação, celebração de contratos e acompanhamento da execução de projectos. Os pagamentos ficaram a cargo do Instituto do Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas (IFADAP).

Da criação do PAF foram esperadas a criação de unidades produtivas viáveis, o aumento da produtividade de espécies nobres, a implementação de infra-estruturas destinadas à beneficiação e ao combate a incêndios.

Durante a execução/implementação do programa verificaram-se vários atrasos e dificuldades na execução e conclusão de projectos devido a faltas de pagamentos do IFADAP, à falta de empresas adequadas e falta de meios técnicos na DGF e à não existência de Organização de Agricultores direccionadas para o sector florestal.

- 1989

Neste ano terminou o acordo que pôs termo ao PFP/BM, tendo sido atingidos 80% dos objectivos inicialmente propostos que atingiam os 150000 hectares. O norte e centro do país tiveram principalmente acções e projectos por parte da DGF através da execução de 705 projectos de arborização nas áreas previstas (36%) e 375 nas baldias (64%), num total de 71908 hectares (Carvalho,1993). A sul do país a Portucel foi a principal impulsionadora, na propriedade privada, através da aquisição e arrendamento de propriedades nas quais se desenvolveu predominantemente a cultura do Pinheiro (DGF,1992).

A falta de divulgação do programa e informação junto dos potenciais interessados, um enquadramento financeiro adequado, uma estrutura fundiária deficiente, o carácter “individualista” dos projectistas e a falta de coordenação entre entidades executoras e outras do sector foram apontados como factores limitadores ao sucesso do PAF.

A década de 1980 a 1990 ficou “marcada” por uma falta de assistência técnica necessária aos produtores, pelo individualismo e falta de estrutura organizada de produtores e consumidores que conduziu a circuitos de extracção e comercialização deficientes, pela necessidade de colaboração e coordenação dos vários agentes interessados no sector e pela diminuição e dispersão das parcelas florestais que inviabilizam unidades técnico-económicas viáveis e a criação de infra-estruturas de defesa e exploração de povoamentos.

- 1990

Perante a identificação das lacunas acima descritas foi necessária uma reestruturação de objectivos e uma maior abertura aos diferentes interessados do sector. Desta forma em 1990 surgiram novas regras de planeamento, como a zonagem das espécies, o ordenamento do território e a matriz do ambiente, foram lançados novos desafios com a aplicação dos regulamentos comunitários e estabeleceram-se ligações à investigação científica, ao ensino e diálogo com as empresas de serviços e a indústria.

O II Congresso Florestal Nacional com o tema “Floresta e Mudança” (SPCF) realizado em 1990 veio realçar a necessidade de um planeamento do espaço florestal, a utilização de sistemas de informação geográfica como instrumentos para a gestão dos recursos e a

criação de circuitos de informação inter-institucionais e de coordenação entre instituições florestais e os restantes agentes do sector, desigualmente no que se refere à extensão florestal.

- 1991

Durante este ano foram aplicados alguns dos Regulamentos Comunitários que até então haviam sido atrasados. Entre eles o Regulamento (CEE) nº 797/85, definiu medidas florestais nas explorações agrícolas, isto é, pretendeu a reconversão de áreas agrícolas a florestais, a melhoria de superfícies florestais, a construção de infra-estruturas e a adaptação de equipamento agrícola, de acordo com as orientações da Política Agrícola Comum (PAC) através da atribuição de subsídios entre os 60 e os 80% e a atribuição de um prémio anual por hectare arborizado, por um período de 6 a 20 anos dependendo das condições; o regulamento (CEE) nº 1614/89; o regulamento (CEE) nº 2978/92 que visou a manutenção de terras abandonadas com interesse ecológico através da atribuição de um subsídio, a prevenção de riscos de despovoamentos e a recuperação de ecossistemas degradados. O regulamento (CEE) 2080/92 pretendeu a definição de medidas florestais na agricultura por forma a incentivar a reconversão de terras agrícolas e florestais.

- 1993

Neste ano ocorre uma reestruturação da DGF passando a chamar-se Instituto Florestal. As principais diferenças assentaram na criação de 3 divisões nas delegações florestais. Deste modo o Instituto Florestal passaria a actuar em áreas como o apoio à definição e execução da política florestal, valorização e protecção do património, colaboração no ordenamento do território, cooperação e representação internacional, assistência técnica aos proprietários e formação profissional e gestão e desenvolvimento dos recursos.

É também neste ano que o PAF termina.

- 1994

É preparada uma nova Lei Florestal Nacional com vista à responsabilização dos proprietários pela gestão e criação de instrumentos para o emparcelamento.

No que diz respeito à investigação, experimentação e demonstração (IDE) no sector florestal, é aprovada a Portaria nº 809-E/94. Em 1995 esta lei acabaria por não ser promulgada. Passou também a ser aplicado o Regulamento (CEE) 2080/92 que estabeleceu o regime de ajudas e as medidas florestais na agricultura; o Programa de Apoio à Modernização Agrícola e Florestal (PAMAF) foi aprovado no sentido do reforço da competitividade do sector agrícola.

- 1996

O DL 74/96 de 18 de Junho promulgou a nova Lei Orgânica do Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas (MADRP) que extinguiu o ex-instituto Florestal e integrou a Direcção das Florestas.

Através da Lei nº 33/96 de 17 de Agosto foi publicada a Lei de Bases Florestal.

- 2004

Neste ano foram criadas a DGRF, que assumiria as funções da autoridade florestal nacional (DL 80/2004 de 10 de Abril), a agência para a preservação dos fogos florestais (DR 5/2004 de 21 de Abril), o programa de sapadores florestais (DL 94/2004 de 22 de Abril), o fundo florestal permanente (DL 63/2004 de 22 de Março) e o concelho nacional de reflorestação de áreas ardidas (RCM 17/2004 de 2 de Março).

- 2005

São estabelecidas as orientações da Política Energética Portuguesa através da Resolução do Conselho de Ministros (RCM) 63/2003 e da RCM 169/2005, prevendo o crescimento da produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis com particular alusão ao recurso à biomassa.

- 2008

A DGRF é extinta passando a existir a Autoridade Florestal Nacional.

2.1.2 ÁREAS FLORESTAIS ARDIDAS EM PORTUGAL

Em Portugal Continental a área florestal existente corresponde a cerca de $3,35 \times 10^6$ ha. Esta parcela reflecte um valor de 38% do total de território que é considerado Reserva Agrícola. Da área florestal existente cerca de 75% são ocupados por três espécies de árvores; o *Pinus Pinaster* (Pinheiro Bravo), o *Quercus Suber* (sobreiro) e o *Eucalyptus Globulus* (eucalipto). A figura 2.1. apresenta a taxa de arborização por concelho (DGF,2001) e a figura 2.2. a área florestal por espécie (DGRF,2007).

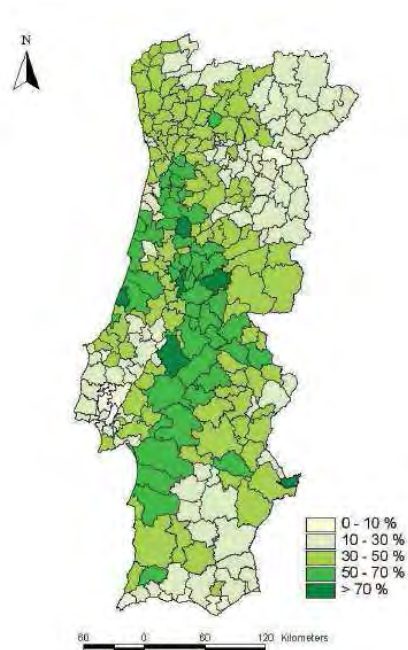


Figura 2.1 - Taxa de arborização por concelho (Fonte: DGRF, 2001)

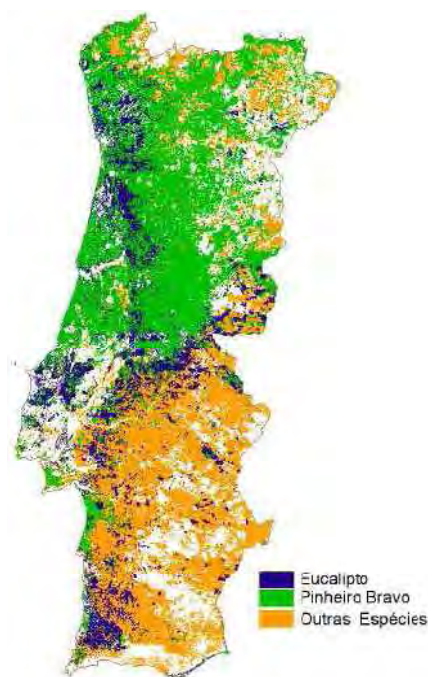


Figura 2.2 - Área florestal por espécie (Fonte: DGRF, 2007)

2.1.3 O VALOR DA FLORESTA EM PORTUGAL

Actualmente em Portugal, a floresta suporta cerca de 7000 empresas com mais de 160 mil trabalhadores. Estas empresas apresentam fileiras na maior parte dos casos de exportação de recursos naturais renováveis.

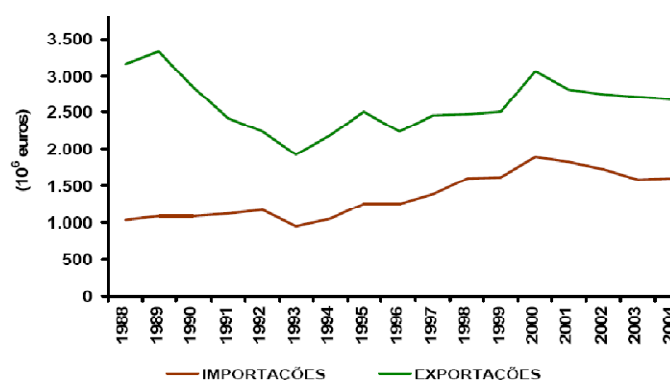


Figura 2.3 - Evolução das exportações e importações das fileiras florestais (Fonte:DGRF, 2007)

Apesar do sector florestal não ser um sector com grande incidência ao nível político, ao nível europeu apresenta um Produto Interno Bruto superior ao da média europeia sendo o terceiro no ranking europeu que apresenta mais peso no PIB. A nível nacional representa 3% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da economia correspondendo a 3,1 mil milhões de euros, representa igualmente 3,3% do total do emprego, 3,2% do PIB, 12% do PIB industrial e 11% das exportações nacionais que representam cerca de 2,7 milhões de euros (DGRF,2007).

Como se apresentou no ponto anterior, a floresta é maioritariamente constituída por pinheiros e eucaliptos sendo estes os responsáveis por maior parte dos rendimentos anuais por hectare.

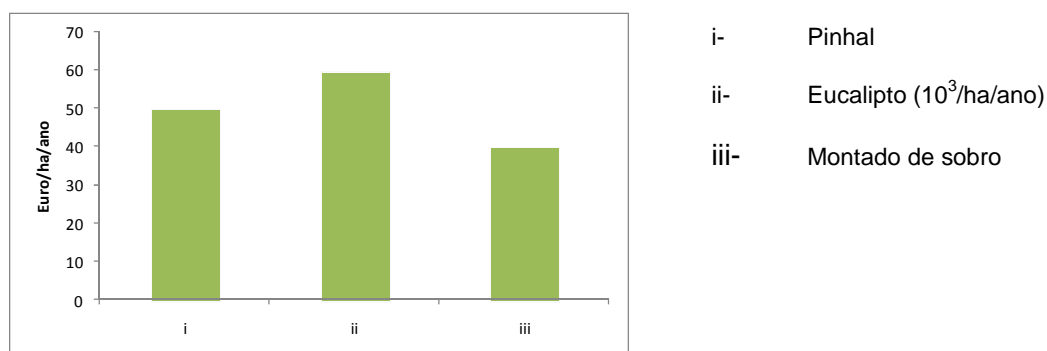


Figura 2.4 - Rendimento fundiário e empresarial anual

A figura 2.5. apresenta a comparação do valor económico total do sector florestal em Portugal e alguns países apresentado no estudo “Valuing Mediterranean Forests, Towards Total Economic Value” (Mendes et al, 2004).

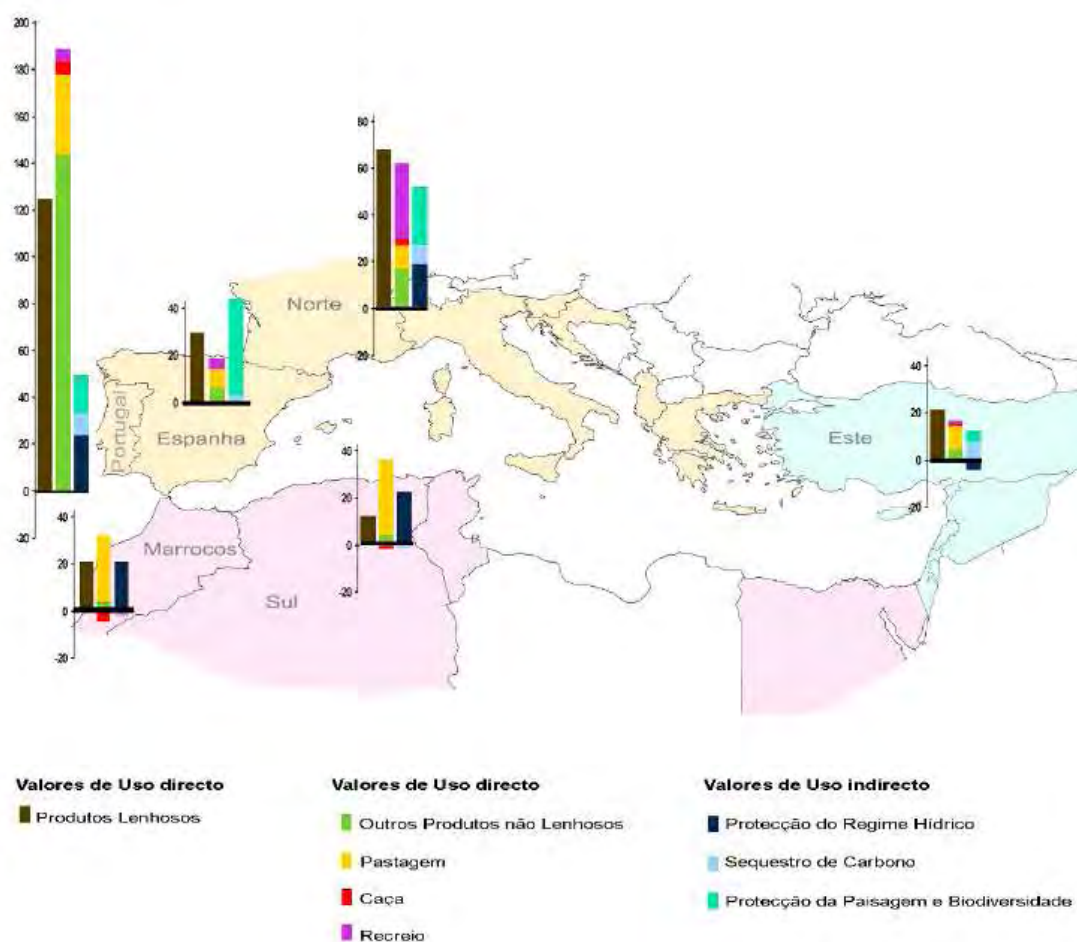


Figura 2.5 - Comparação do valor económico total do sector florestal em vários países da UE (Fonte: Merlo e Croiture, 2005)

Verifica-se que a Floresta Portuguesa é a que apresenta os valores mais elevados no que diz respeito aos valores de uso directo e valores de uso indirecto, extraindo cerca de 344 €/ ha/ ano, ao passo que a Espanha fica pelos 90 €/ ha/ ano e a França pelos 292 €/ ha/ ano. (DGRF, 2007).

A tabela 2.1. apresenta uma comparação dos valores apresentados por Portugal e pela UE.

Tabela 2.1 - Indicadores económicos

Indicador	Portugal	EU
Superfície territorial	91909 km ²	3973200 km ²
% empresário agrícolas com > 65 anos	45%	23%
% dirigentes agrícolas com formação agrícola	0,98%	8,72%
Peso sector primário no total população activa empregada	10,8%	5,2%
Peso da agricultura no VAB da economia	2,7%	1,8%
Peso fileira florestal no VAB da economia	3%	2,3%
Área florestal arborizada	3,4 milhões ha	170 milhões ha
Área florestal ardida	115 mil ha	312,5 mil ha
Peso da agricultura nas emissões de GEE	10%	10%

2.1.4 INTERNACIONALIZAÇÃO DO MERCADO FLORESTAL

A internacionalização da floresta Portuguesa é um dos aspectos que contribui para uma descida dos preços da madeira. Esta internacionalização deveu-se a três factores essenciais: a integração de Portugal na UE, a evolução das regras do comércio internacional e o aparecimento de vários tratados e convénios internacionais.

As figuras 2.6. e 2.7. apresentam a evolução dos preços da madeira de pinho e eucalipto para tritar e em pé para serração (DGRF, 2007). A diminuição dos preços reflecte as consequências da liberalização dos preços e concorrência dos mercados internacionais.

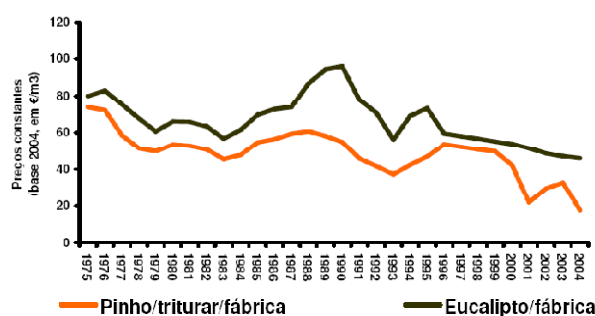


Figura 2.6 - Evolução dos preços de madeira de pinho e eucalipto para trituração (Fonte: DGRF, 2007)

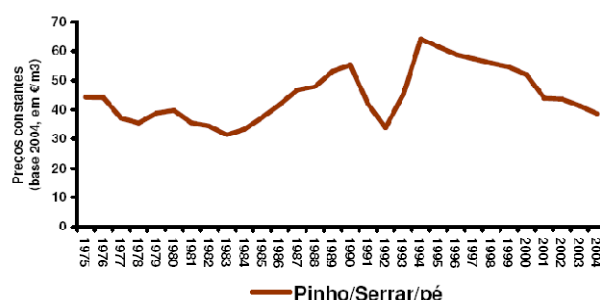


Figura 2.7 - Evolução dos preços da madeira de pinho em pé para serração (Fonte:DGRF, 2007)

No sentido de tentar travar e salvar os negócios adjacentes ao sector florestal existem o Plano de Desenvolvimento Sustentável da Floresta Portuguesa (DGRF, 1998) e o Plano Nacional das Alterações Climáticas que visam entre outros objectivos, a fixação do carbono através do uso florestal, a promoção da utilização da madeira em produtos de longa duração, o melhoramento da eficácia de exploração e comercialização dos produtos florestais e melhoramento da competitividade dos produtos florestais face aos materiais alternativos.

2.2 BIOMASSA PARA QUE FINS?

A transformação da biomassa em energia desempenha um papel vital que vai ao encontro das necessidades energéticas de muitas regiões do planeta. Estima-se que a biomassa seja a fonte primária de energia para cerca de 2.4 biliões de pessoas em vários países denominados em desenvolvimento (IEA, 1998). É facilmente atingível em países pobres e proporciona uma energia vital e muito económica para o exercício de actividades básicas como a confecção de alimentos ou aquecimento de espaços.

As indústrias que têm por base a biomassa são actualmente uma fonte e modelo de negócio em desenvolvimento com todas as contrapartidas que daí advém (emprego, não desertificação de zonas rurais) (Karekezi et al, 2002; Goldemberg, 2003, Reddy et al, 1997).

A energia produzida através de biomassa é largamente utilizada em países em desenvolvimento assim como em grande parte dos países industrializados. Através de uma gestão apropriada acoplada com práticas ecológicas adequadas, a produção de energia a partir da biomassa é uma fonte sustentável de electricidade assim como de combustíveis líquidos e gasosos. No entanto não é somente uma fonte de energia nos dias de hoje, mas uma fonte de energia para o futuro desde que sujeita a uma exploração sustentável (Yamamoto et al, 2001; Hall, 1998).

A crescente procura deste tipo de energia é justificado pelos seguintes factores:

- Contribuição para a diminuição da pobreza em vários países em desenvolvimento;
- Satisfação das necessidades de energia sem necessidade de recurso a equipamentos de conversão dispendiosos;
- Produção de energia sob diferentes formas;
- Contribuição para a requalificação de terrenos degradados, aumentando a biodiversidade, fertilidade do solo e retenção de água (Bert and Christensen, 2003).

Várias estatísticas indicam que a percentagem de biomassa no âmbito global de consumo de energia tem-se mantido estável ao longo dos últimos 30 anos. O uso da biomassa para produção de energia foi estimado em 14% e 11% em 2000 e 2001 respectivamente (IEA, 1998; IEA, 2003). A figura 2.8. revela que a Agência Internacional de Energia estima que a percentagem de uso da biomassa na totalidade do consumo dos diferentes tipos de energia é comparável com o uso da electricidade (15%) e gás (16%).

Ao nível regional, o uso da biomassa varia significativamente (tabela 2.2). As regiões em desenvolvimento (Ásia, África e América do Sul) apontam os níveis de consumo mais elevados (IEA, 2002; World Bank, 2003c) em comparação com regiões desenvolvidas.

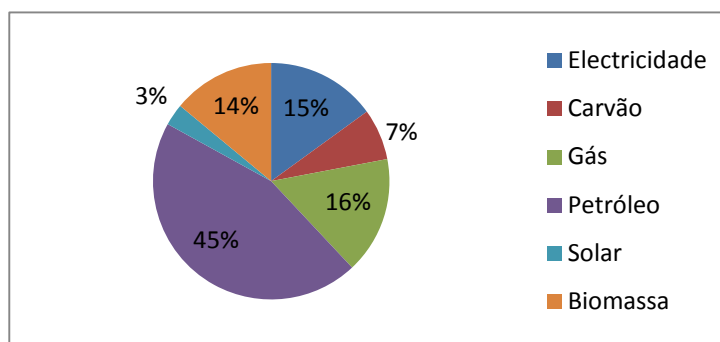


Figura 2.8 - Consumo final da energia mundial em 2001 (Fonte: IEA, 2003)

Tabela 2.2 - Comparação do uso da biomassa (1971-2001) (Fonte:IEA, 2003)

Região	1971(%)	2001(%)
OCDE	2	3
Não OCDE Europa	4	5
América latina	31	18
Ásia	48	25
África	62	49

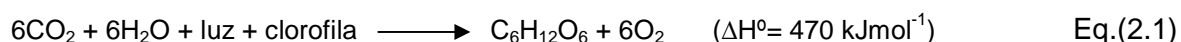
De acordo com IEA (IEA, 2002a), aproximadamente 50% da população em países em desenvolvimento utiliza a biomassa como fonte primária de energia atingindo em regiões pontuais uma taxa de 73%. A biomassa é considerada a fonte de energia “dos pobres”, o que se revela verdadeiro quando aliado ao uso tradicional da biomassa a qual é adquirida “gratuitamente” (Reddy e tal, 1997, Karekezi and Kithyoma, 2002; Kgathi e tal, 1997; Hall and Mao, 1994; Karekezi and Rauja, 1997).

Existe uma correlação entre os níveis de pobreza e o uso tradicional da biomassa (IEA, 1998). O uso tradicional da biomassa para produção de energia refere-se directamente à combustão directa da madeira, folhas, resíduos agrícolas e resíduos sólidos urbanos.

Actualmente a biomassa é utilizada de duas outras formas, através de tecnologias tradicionais melhoradas (*Improved traditional biomass energy Technologies (IBT's)*), que se referem a tecnologias eficientes de combustão directa da biomassa, por exemplo, recuperadores de calor, etc; e através do uso “moderno” da biomassa para energia (Modern biomass energy use) que se refere da biomassa em energia sob forma de combustíveis, p.e. combustíveis líquidos, gás e electricidade (AFREPREN, 2002).

2.3 PROCESSO DE FOTOSSÍNTESE

A captura da energia solar sob a forma de carbono, através da fotossíntese durante a qual o CO₂ é convertido em compostos orgânicos é o primeiro passo para o crescimento da biomassa virgem tal como se verifica na equação 2.1.



Este processo de fotossíntese divide-se em duas fases:

1. Ocorrem reacções à luz ou fosforilação fotossintética onde é captada a energia dos fotões e é transformada em energia química em forma das enzimas ATP (trifosfato de adenosina) e TPNH (trifopiridina reduzida) por acção da clorofila.
2. Ocorrem reacções às escuras, onde é captado o CO₂ para ser transformado em glucose e frutose.

O hidrato de carbono representado pelo (CH₂O) é o produto orgânico primário. Por cada mole de carbono captada cerca de 470kJ (112 kcal) são absorvidas.

O limite superior de captura eficiente da radiação solar incidente na biomassa é estimada entre os 8% e os 15% (Klass, 1998).

O potencial global de energia de biomassa virgem é muito vasto. Estima-se que o potencial de biomassa terrestre actualmente existente é aproximadamente 100 vezes superior à energia consumida anualmente. Os potenciais usos da biomassa como fonte de energia verificam-se na figura 2.9.

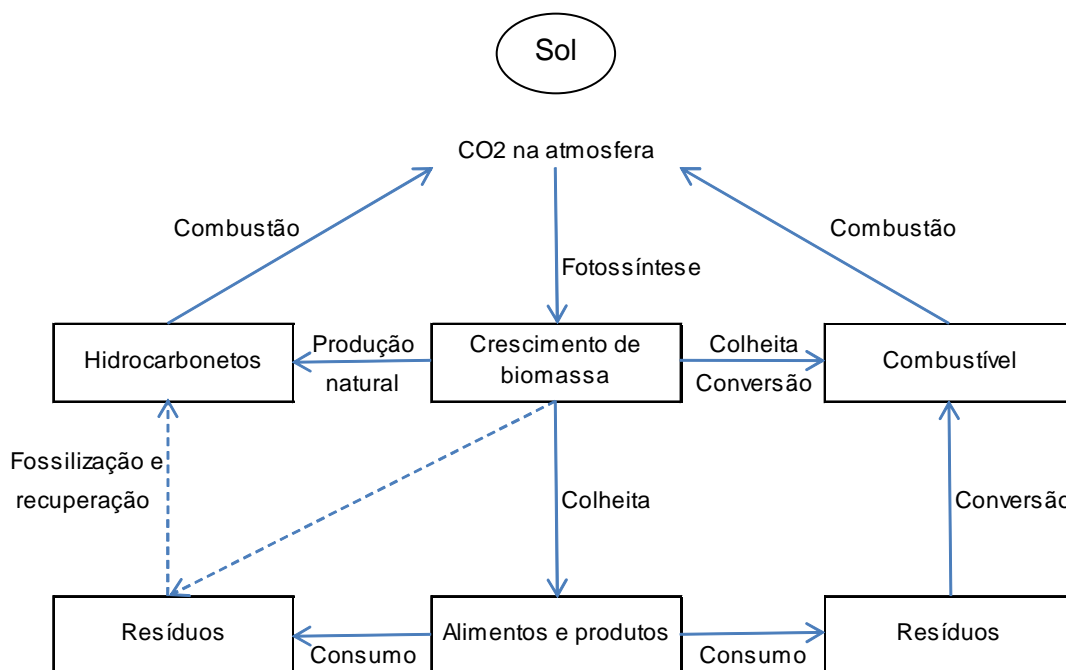


Figura 2.9 – Vertentes do uso da biomassa (Klass,1998)

2.4 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA

Em 1985 a Direcção Geral de Energia encomendou um estudo a Arthur D. Little que tinha como finalidade projectar a instalação de uma central de resíduos de biomassa em Portugal sendo esta a primeira tentativa da sua quantificação. Em 1993 este estudo viria a ser actualizado pelo Centro da Biomassa para a Energia (CBE, 1993). Dos mesmos resultou que as espécies mais abundantes em Portugal, e que consequentemente produziram maior quantidade de resíduos verdes eram o pinheiro, o eucalipto e o sobreiro tendo sido estimado para as restantes espécies cerca de 200 mil ton secas/ano.

Na tabela 2.3., apresentam-se os resíduos florestais estimados para Portugal para o pinheiro e para o eucalipto.

Tabela 2.3 - Resíduos florestais estimados para Portugal (mil ton/ano)

Espécie	Base húmida	Base seca	Ano	Fonte
Pinheiro	1217	513	1985	AD Little
	1400	594	1993	CBE
	908	403	1985	AD Little
Eucalipto	1543	645	1993	CBE

Na tabela 2.4. apresentam-se as expressões nas quais foram baseados os estudos da avaliação de resíduos de biomassa. É de referir que nos estudos mencionados foram considerados resíduos de biomassa os topos e ramos de árvores que estão directamente relacionados com o diâmetro das árvores (DAP) e estes directamente relacionados com a idade média da mesma.

Tabela 2.4 - Expressões utilizadas nos estudos de avaliação de biomassa

Espécie	Massa (verdes) proveniente dos topos e ramos (kg/ árvore)	Humidade (%) (Fernandes, 1998)	Referências
Pinheiro Bravo	$0,656 \text{ DAP}^{2,364} \text{ AT}^{0,977}$	57,9	AD Little, 1985
Eucalipto	$8,54 - 1,537 \text{ DAP} + 0,163 \text{ DAP}^2$	55,6	
Pinheiro Bravo	$0,463 \text{ DAP}^{1,604}$	57,6	Silva e tal, 1991
Eucalipto	$0,1785 \text{ DAP}^{1,756}$	52,6	

Note-se que o CBE, utilizou as correlações obtidas por Silva e tal, 1991.

Após a obtenção das correlações apurou-se dos trabalhos de campo realizados por Arthur D. Little a altura média das duas espécies, assim como os diâmetros, a idade média e consequentemente a massa anual de resíduos verdes por árvore. Os resultados apresentam-se na Tabela 2.5..

Tabela 2.5 - Massa de resíduos verdes provenientes de uma árvore por ano

Espécie	AT (m)	DAP (cm)	Idade média (anos)	kg resíduos verdes/árvore/ ano	Referência
Pinheiro bravo	14,30	21,4	39	1,7	AD Little, 1985
					Silva e tal, 1991
Eucalipto	NA	13,4	10	1,7	AD Little, 1985
					Silva e tal, 1991

De acordo com a área de floresta da altura o estudo de AD Little concluiu que a produção média de resíduos de eucalipto se apresentava entre 1,5 e 2,0 ton secas/ ha /ano e para o pinheiro de 0,4 a 0,6 ton secas / ha / ano.

Apesar dos estudos anteriormente referidos terem sido pioneiros na quantificação da quantidade de resíduos de biomassa entende-se também que uma parte da área florestal então estudada hoje em dia já não existe pelo que resolveu-se recorrer a outro estudo – O Inventário Florestal Nacional (IFN) (3ª Revisão).

A principal missão do IFN é avaliar e monitorizar a extensão e condição dos recursos florestais nacionais (DGRF,2007). Neste sentido foi possível averiguar a densidade e estimativa de resíduos de biomassa por área e por ano. A tabela 2.6. apresenta a densidade e estimativa de resíduos de biomassa por espécie.

Tabela 2.6 - Densidade e estimativa de resíduos por área e por ano (Fonte: IFN)

Espécie	Densidade média (árvores/ha) - IFN	Massa resíduos de biomassa (ton / ha /ano)	
		Base húmida	Base seca
Pinheiro bravo	424	0,6	0,3
Eucalipto	520	1,2	0,5

Note-se que as quantidades de resíduos de biomassa calculados através dos modelos florestais diferem dos valores obtidos através do IFN.

2.5 TIPOS DE BIOMASSA

Da Directiva 2003/30/CE, a “biomassa constitui a fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas, bem como da actividade industrial e urbana”, é resultante dos diferentes tipos de actividades florestais, isto é, operações de exploração florestal, operações de manutenção florestal, operações necessárias à arborização e gestão de combustíveis, recuperação de áreas ardidas ou afectadas por pragas ou doenças.

Os diferentes resíduos (biomassa) são ainda classificados em quatro diferentes tipos.

Tabela 2.7 - Tipos de biomassa

Tipo	Características
Triturado de biomassa (TB)	Biomassa florestal destrocada normalmente por destrocador de martelos, de forma homogénea com comprimento não superior a 20 cm e largura não superior a 5 cm e com teores de humidade que variam entre os 20% e os 50%.
Estilhado de Biomassa (EB)	Biomassa florestal estilhada de forma homogénea com comprimento inferior a 10 cm, largura não superior a 5 cm, com teores de humidade que variam entre os 20 e os 55% e PCS entre 4200 e 4700 kcal/kg.
Rolaria Fina (RF)	Biomassa florestal resultante da exploração, geralmente com diâmetros inferiores a 10 cm, por vezes poderá apresentar vestígios de fungos, fuligem ou carvão, não incluindo ramos e folhas destacadas dos ramos ou bicadas.
Biomassa Florestal em bruto (BFB)	Matéria vegetal composta por mato, árvores inteiras, cavacos de lenha, bicadas, ramagens com folhas, cascas e cepos. No entanto a composição deve ser homogénea na dimensão e na mistura dos materiais.



Figura 2.10 - EB



Figura 2.11 – TB

As classificações apresentadas na tabela 2.7. provêm do Centro de Normalização Europeu (CEN). Estas normalizações são de extrema importância no que diz respeito aos biocombustíveis sólidos uma vez que a sua separação permite um aumento do rendimento da queima.

Os resíduos florestais são ainda classificados em duas categorias de acordo com a sua origem: provenientes de resíduos de corte ou de transformação da madeira.

Em Portugal, a maioria da biomassa provém da floresta, podendo desta forma ser utilizada com a maior eficácia e eficiência de forma a obter-se um bom aproveitamento dos resíduos. O aproveitamento da biomassa para fins energéticos, tem sido cada vez mais procurado.

2.6 VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA

A quantificação do potencial de disponibilidade dos diferentes tipos de biomassa para fins energéticos, apresenta um vasto leque de utilização, estando a interessar empresários que têm vindo a apostar nesta área como uma boa oportunidade de negócio.

As tabelas 2.8. e 2.9.. apresentam a produção de biomassa florestal, a disponibilidade deste recurso e o potencial disponível de resíduos da floresta e de Indústrias Transformadoras da Madeira.

Tabela 2.8 - Estimativa de produção de biomassa (Fonte: Fórum Energias renováveis em Portugal, 2005)

Biomassa Florestal Residual	Quantidade (milhões de toneladas por ano)
Matos	0,6
Biomassa proveniente de áreas ardidas	0,4
Ramos e bicadas	1
Total	2

Tabela 2.9 - Estimativa de disponibilidade de biomassa (Fonte: Costa, 2007)

Espécie	Densidade média (nº/ha)	Resíduos produzidos (ton/ha.ano)	
	IFN (2001)	Base Húmida	Base seca
Pinheiro	424	0,6	0,3

Segundo dados do antigo Instituto Nacional de Resíduos (INR) cerca de 15% dos resíduos provenientes das ITM não apresentam com destino a valorização.

2.6.1 VANTAGENS DA BIOMASSA COMO COMBUSTÍVEL PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Das diferentes vantagens em diferentes campos do uso da biomassa que têm vindo a ser verificadas ao longo desta tese, torna-se necessário resumir as principais, uma vez que a biomassa é apontada como uma excelente oportunidade de negócio no campo energético. Das várias vantagens verificadas destacam-se:

- Dinamização das zonas rurais;
- Criação de emprego;
- Redução da emissão de gases de efeito de estufa;
- Aumento da diversidade de oferta de energia;
- Baixo custo do material;
- Dinamização e criação de florestas mais atrativas;
- Disponibilidade de matéria-prima em todo o país;
- Diminuição do risco de incêndios florestais;
- Balanço de CO₂ positivo (é fixado mais CO₂ na biomassa florestal do que libertado na sua queima);
- Diminuição de pragas (ex. nemátodo);
- Energia armazenável.

2.6.2 DISPONIBILIDADE E APROVEITAMENTO DA BIOMASSA FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

Tendo sido durante muitos anos a biomassa menos procurada como combustível para produção de energia eléctrica, requer a actual situação energética um recurso e uma utilização da mesma. A UE lançou para o ano 2000 a necessidade de 3% do total da energia produzida ser proveniente da biomassa (cerca de 45 Mtep). Actualmente o “White paper: Energy for the future: renewable sources of energy” aponta para a produção de 90 Mtep de energia da biomassa até 2010 representando perto de 50% das fontes de energia renováveis. (CE, 2001).

A maior procura e maior consumo de energia proveniente da biomassa levou à reformulação e à investigação de novas tecnologias neste campo, para a criação e adopção de tecnologias mais eficientes no uso de energia.

A figura 2.12 apresenta os rendimentos associados às diferentes utilizações da biomassa.

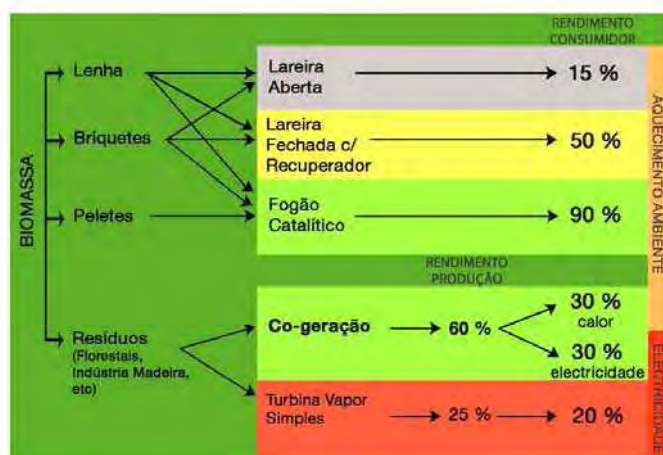


Figura 2.12 - Rendimento associado às várias utilizações da biomassa (Fonte: Ibrahim, G., 2007)

Verifica-se que o recurso à biomassa sob forma densificada apresenta maiores rendimentos. O recurso à cogeração apresenta rendimentos de 60% pelo que deverá ser privilegiado o recurso a este tipo de tecnologias.

2.7 LIMITAÇÕES E DESVANTAGENS DO USO DA BIOMASSA

Como em qualquer outro tipo de combustível, o seu uso e toda a logística inerente a esse uso, apresentam várias limitações e desvantagens. O mesmo se verifica com o uso da biomassa. Das principais limitações verificam-se:

- Desatualização da disponibilidade da biomassa florestal para fins energéticos, isto é, não existe inventariada a localização da biomassa quanto ao tipo e origem tornando difícil qualquer planeamento estratégico de gestão da mesma;
- Escasso investimento no desenvolvimento de novas soluções e tecnologias por parte do sector empresarial;
- Inexistência de uma política conjunta para a biomassa de origem florestal, agrícola e animal;
- Ausência de trabalhadores no meio rural;
- Concorrência ao nível do mercado das diversas fontes de energias alternativas;
- Mercado procura/oferta imprevisível;
- Falta de conhecimento científico que justifique o balanço entre a recolha de resíduos e o fundo de fertilidade dos solos;
- Falta de conjugação da exploração de material lenhoso com a recolha dos resíduos florestais;
- Falta de informação quanto às políticas, os incentivos e às tecnologias a utilizar;
- Inexistência de um mercado para resíduos florestais;

- Baixa densidade da biomassa e difícil manuseamento;
- Falta de incentivos empresariais.

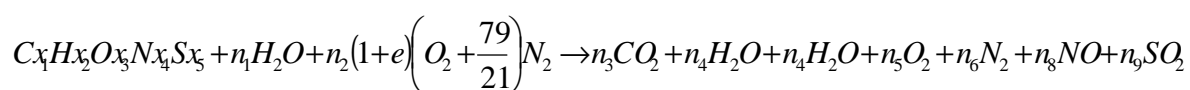
2.8 PROPRIEDADES DA BIOMASSA

A combustão é a forma mais eficaz de valorização da biomassa. Com a combustão pretende-se a transformação da energia química contida na biomassa em energia térmica. (Chiaramonti, 2007).

Para uma boa combustão da biomassa são essenciais a facilidade de secagem, a baixa temperatura de ignição, o elevado teor em voláteis e o elevado poder calorífico. A humidade, a granulometria, a densidade e a heterogeneidade são também características que influenciam a eficiência de combustão.

Apesar de todas as características apresentarem grande importância no processo de combustão, o poder calorífico apresenta especial relevância uma vez que representa a quantidade de energia libertada pelo combustível por unidade de massa. A combustão da biomassa traduz-se num processo mais complexo que o da combustão de metano ou gasolina uma vez que a sua composição é mais rica e variável em termos físico – químicos. (Tabares et al, 2000).

A equação 2.2. traduz o processo de combustão da biomassa.



Eq. (2.2)

2.8.1 PROPRIEDADES DA BIOMASSA

Esta equação representa a composição simplificada da biomassa uma vez que apenas se apresenta formada por C, H, O, N, S e H₂O.

Outro dos factores que contribui para a eficiência da combustão é a humidade presente na biomassa. Os valores estimados de humidade presentes na biomassa verde variam entre os 40% e os 60% consoante o tipo de biomassa e clima associado. A quantidade de humidade afecta principalmente o calor disponível.

No âmbito da elaboração de normas por parte do CEN surgem procedimentos para a medição das diferentes características das pellets:

2.8.1.1 TEOR DE HUMIDADE

O processo de medição da humidade presente nas pellets encontra-se descrito na norma CEN/TS 14774. O método consiste na variação de peso da amostra de pellet quando sujeita a tratamento térmico com temperatura de 105°C.

2.8.1.2 MASSA VOLÚMICA APARENTE

A massa volúmica aparente é caracterizada com a relação entre uma determinada massa de combustível sólido e o volume cheio que a contém.

São utilizadas as seguintes relações para a sua determinação:

$$D_{ar} = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \quad \text{Eq. (2.3)}$$

$$D_{dm} = D_{ar} \times \frac{(100 - M_{ar})}{100} \quad \text{Eq. (2.4)}$$

A massa volúmica é calculada utilizando a primeira relação se o material da análise estiver húmido e a segunda se o material estiver seco.

2.8.1.3 DUREZA MECÂNICA

A dureza mecânica é calculada pela seguinte fórmula:

$$DU = \frac{m_A}{m_E} \times 100 \quad \text{Eq. (2.5)}$$

A medição da dureza mecânica é descrita no “Solid Biofuels – Method for determination of mechanical durability of pellets and briquettes” pela CEN/TS.

2.8.1.4 GRANULOMETRIA

Para a determinação da quantidade de pó presente nas pellets são efectuados testes com recurso a peneiros com diferentes diâmetros. A norma onde está descrita esta medição é a “Solid Biofuels – Methods for the determination of particle size distribution”.

2.8.1.5 TEOR DE CINZA

A expressão que determina a quantidade de cinza e presente na norma CEN/TS 14775 é:

$$A_{ab} = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \times \frac{100}{100 - M_{ad}} \quad \text{Eq. (2.6)}$$

2.9 PROCESSAMENTO DA BIOMASSA

2.9.1 ESTILHA

A estilha é resultante do processo de destroçamento em moinho de facas de resíduos florestais e madeira apresentando características mais rudimentares e brutas quando em comparação com as pellets. Geralmente apresenta-se sob forma de pequenos pedaços de madeira variando entre os 5 e os 50 mm de comprimento. Actualmente a estilha apresenta-se e é proveniente de locais diferentes:

- Corte de árvores e ramos desprovidos de folhas tendo sido submetida a uma secagem de cerca de 6 meses apresentando-se uniforme no seu tamanho contendo cerca de 30% de humidade;
- Resíduos florestais incluindo folhas, ramos e árvores. Este tipo de estilha é usado geralmente em centrais de produção de energia eléctrica ou em caldeiras que se encontram nas centrais de produção de vapor com finalidade ao aquecimento de habitações (district heating).
- Estilha proveniente da indústria transformadora da madeira apresentando uma humidade de cerca de 40%.

Parâmetros	Pelletes de madeira	Estilha de madeira seca
Poder calorífico	17.0 GJ/ton	13. 4 GJ/ton
- por kg	4,7 kWh/kg	3,7 kWh/kg
- por m ³	3077 kWh/ m ³	744 kWh/ m ³
% de humidade	8 %	25 %
Densidade	650 kg/m ³	200 kg/m ³
% de cinzas	0.5 %	1 %

Tabela 2.10 - Comparação estilha vs pellets (Fonte: CBE,2002)

Da análise verifica-se que o uso da estilha como combustível se torna menos vantajoso uma vez que ocupa o triplo do espaço das pellets, produz mais cinzas durante a combustão e contém cerca de ¼ da energia contida em igual quantidade (volume) nas pellets. A grande vantagem da utilização da estilha revela-se quando esta é um resíduo que anteriormente era desperdiçado podendo-se tornar num bom aproveitamento como combustível.

2.9.2 BIOMASSA DENSIFICADA (PELLETS)

No sentido do aproveitamento das várias formas de biomassa existentes assim como da necessidade de competição no mercado energético e modernização da combustão, surge no mercado o conceito da biomassa densificada.

Tal como o próprio nome indica, a biomassa densificada consiste numa aglomeração e junção da mesma.

São várias as razões que levaram à criação deste conceito, entre as principais encontram-se o aproveitamento de resíduos provenientes da indústria de transformação da madeira, que devido às suas características e dimensões, em grande parte dos casos se tornavam um grave problema de armazenamento e acondicionamento, a sua incineração era muito pouco proveitosa do ponto de vista energético. Aliado a estes motivos, a biomassa face ao protocolo de Quioto e exigências ao nível da combustão tornou-se um meio poluente e pouco apetecível, acompanhada pelo facto de ser necessário um transporte, recolha e armazenamento da mesma e devido ao elevado teor de humidade que tem presente.

Neste cenário surge a densificação da biomassa que actualmente resulta em dois tipos diferentes: pellets e briquetes. As pellets apresentam-se em pequenas parcelas de condensados ao passo que as briquetes em forma semelhante a toros de árvores. A densificação da biomassa em forma de pellets tornou possível o aumento da homogeneidade e transporte das mesmas ao destino (Kanury, 1994), permitindo que estas se apresentem com uma elevada massa específica aparente assim como uma taxa de combustão competitiva com a do carvão, e através de uma queima mais eficaz com uma emissão de partículas reduzida. (Wether et al, 2000).

Tal como outros combustíveis disponíveis no mercado, as pellets são abrangidas por regras e requisitos mínimos aos quais têm de corresponder para serem comercializadas. Os parâmetros principais abrangidos vão de encontro à quantidade de humidade presente, ao poder calorífico, ao conteúdo de cinzas, a valores como a densidade a granel, a densidade por unidade, à concentração de substâncias como o azoto, cloro, entre outras.

Uma vez que se trata de um produto emergente no mercado, vários países estabeleceram normas e regulamentos para as especificações das pellets. Entre as mais conhecidas normas encontram-se as da Austrian Pellets Association, a ONORM M7135 da Áustria, a DIN 51731 da Alemanha, a SN 166000 da Suíça e SS187120, correspondendo estes países aos maiores produtores de pellets.

A União Europeia reuniu igualmente esforços no sentido de standardizar o mercado das pellets através do estabelecimento de normas pelo CEN (Centro de Normalização Europeu) em conjunto com países detentores de normas neste âmbito. A tabela 2.11. apresenta um exemplo de um quadro que define as características a estarem presentes na concepção de pellets.

Tabela 2.11 - Características físicas e parâmetros de fabrico das pellets (Fonte: Obernberger and Thek, 2002)

Parâmetro	Unidade	Valor máximo / Intervalo
Diâmetro	Mm	4 a 10
Comprimento	Mm	$< 5 \times D^{1,4}$
Densidade aparente	kg/dm ³	$>600^3$
Densidade da partícula	kg/dm ³	>1.12
Humidade	% (ar)	$<10^{1,4}$
Cinzas	% (db)	$<0.5^{1,4}$
PCI	MJ/kg (db)	$>18.0^{1,4}$
N	% (db)	$<0.3^{1,2}$
S	Mg/kg (db)	$<400^{1,2}$
Cl	Mg/kg (db)	$<200^{1,4}$
Abrasividade	% (ar)	$<2.3^{1,4}$
Cd	Mg/kg (db)	$<0.5^{2,4}$
Pb	Mg/kg (db)	$<10^{2,4}$
Zn	Mg/kg (db)	$<100^{2,4}$
Cr	Mg/kg (db)	$<8^{2,4}$
C	%	49,8 a 49,12
H	%	6,12 a 6,03
Ni	mg/kg	0,28 a 0,30
Fe	mg/kg	9,28 a 29,79
Na	mg/kg	61,52 a 7,78
Mg	mg/kg	64,42 a 85,43
Ca	mg/kg	0,57 a 0,64
K	mg/kg	0,31 a 0,46
Mn	kg/ mg	0,11 a 0,03

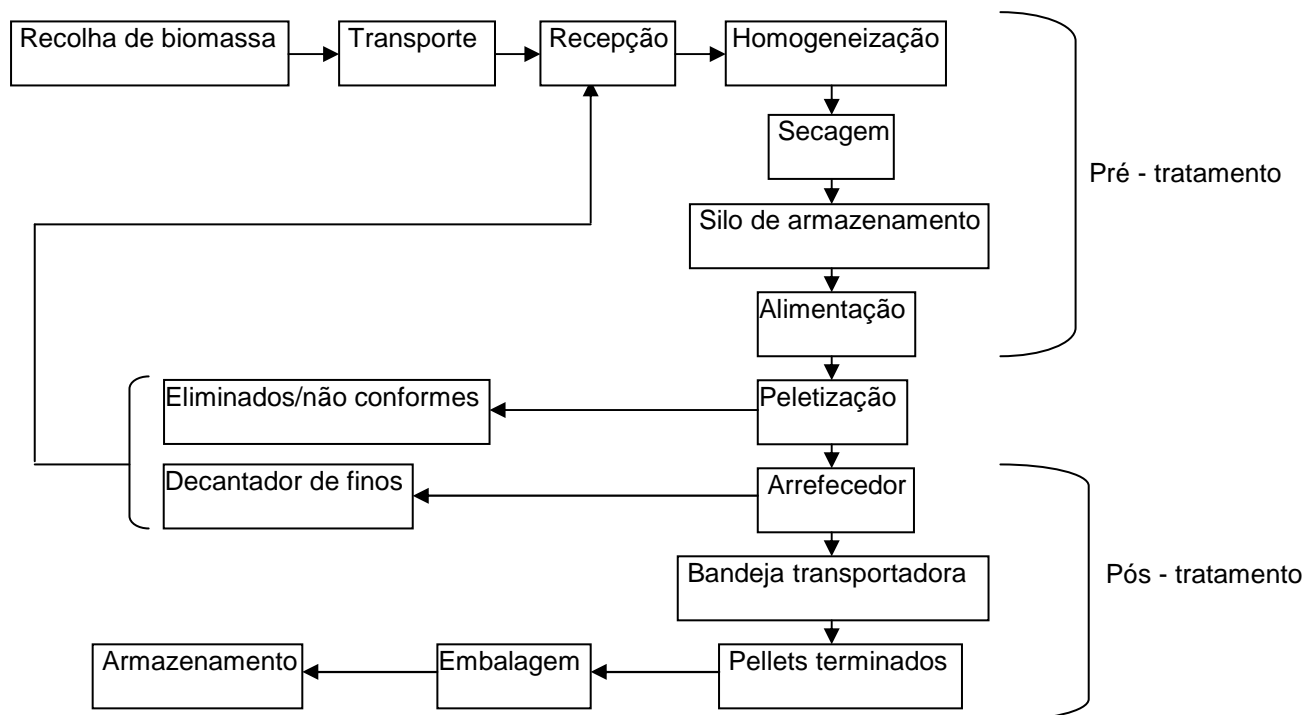
Nota: ar – *as received* (base húmida), db - *dry base* (base seca)

¹ de acordo com a norma ONORM M 7135; ² de acordo com a norma DIN 51713 e SN 166000; ³ de acordo com a norma SS 187120; ⁴ de acordo com as normas da *Austrian Pellets Association*.

Fonte: Obernberger and Thek, 2002

2.9.3 PROCESSO DE PELETIZAÇÃO

A produção de pellets é traduzida pelo seguinte esquema:



A primeira etapa é assegurada pela recolha da matéria – prima. Na maior parte dos casos a matéria é proveniente da indústria de transformação da madeira (resíduos), sendo também proveniente, mas em menor percentagem, sob forma de resíduos verdes resultantes de limpezas de matos. O processo de peletização é mais eficaz, eficiente e menos poluente quanto melhor for a qualidade da matéria-prima, isto é, quanto mais seca e com poucas impurezas a biomassa for, mais “limpo” será todo o processo. (Alakangas,2002).

Quanto ao transporte da matéria-prima, não são necessários quaisquer cuidados especiais.

Na fase de recepção existe a necessidade da separação da matéria que vem em bruto, da matéria que já foi anteriormente estilhaçada, passando a primeira por um estilhamento.

Após a recepção da matéria, esta passa por uma fase de preparação, isto é, são retiradas as impurezas de maior dimensão verificadas de forma à combustão ter o menor teor de cinza possível. Seguidamente e caso não venha já em forma de estilha, a matéria passa por um processo de estilhamento de forma a toda a matéria apresentar um aspecto uniforme. O estilhamento é efectuado de duas formas diferentes conforme o material, isto é, para resíduos florestais é aconselhado o uso de um estilhador de martelos e para o caso de árvores inteiras o estilhador de facas.

A homogeneização da matéria, nem sempre é necessária, dependendo do grau de trituração em que a matéria se apresenta. Esta é levada a cabo por um martelo triturador tendo como resultado final a matéria uma granulometria de cerca de 1 mm. A homogeneização quando aplicada conduz a um produto com características constantes tal como exigido pelo mercado.

Antes de entrar no processo de peletização, a matéria homogeneizada é sujeita a um processo de secagem de forma ao produto final (pellet) se apresentar com um grau de humidade entre 8 a 12% (Alakanga e tal, 2002). Após esta fase a matéria é armazenada no silo de armazenamento. Segue-se o processo de peletização. Antes da entrada no peletizador, as partículas sofrem uma separação através de um filtro de forma a excluir e fazer retornar ao início de todo o processo as partículas que apresentam maiores dimensões. As partículas que atravessam o filtro são encaminhadas para um doseador que regula a entrada de matéria no peletizador de forma constante.

Existem vários tipos de peletizadores, no entanto todos apresentam componentes comuns tais como:

- Sistema de alimentação – consiste num parafuso sem fim que transporta de forma contínua a matéria para a câmara de mistura;
- Câmara de mistura – local onde a matéria é combinada com aditivos, lubrificantes e aglutinantes sendo a sua quantidade limitada de forma ao combustível emitir o menos cinzas possíveis. Actualmente o vapor á o aditivo mais utilizado na peletização fazendo das pelets um combustível com “emissões zero”;
- Matriz e rolo de pressão – após a mistura verificada anteriormente na câmara de mistura, a matéria é submetida a uma pressão mecânica através de rolos que se encontram dentro da matriz.
- Máquina principal – esta pode adquirir características diferentes conforme os casos:
 - Máquina peletizadora com matriz plana (disco)

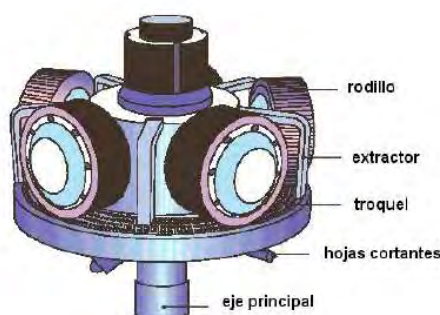


Figura 2.13 - Matriz plana (fonte: www.salmatec-ambh.de, 2005)

A figura 2.13. representa o esquema de uma matriz plana. Neste caso os rolos de pressão encontram-se à superfície variando de 1 a 6 em número dependendo da máquina. Nesta matriz a alimentação é efectuada através da força da gravidade.

- Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel)

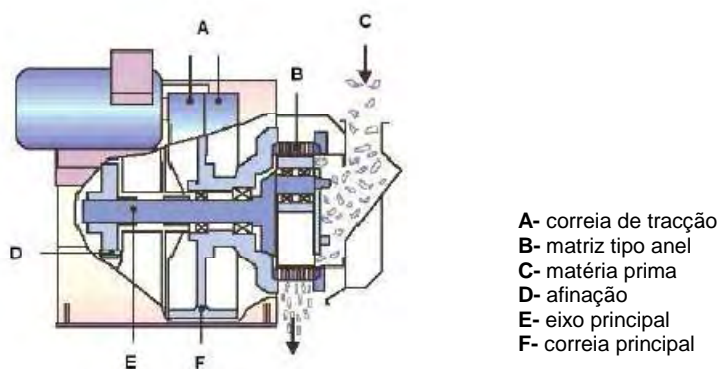


Figura 2.14 - Matriz do tipo cilíndrica vertical (fonte: www.salmatec-gmbh.de, 2006)

Através da figura 2.14. apresenta-se esquematizada uma máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical. Nesta caso se a máquina possuir um rolo a matéria entra no mesmo através da força da gravidade. No caso de dois ou três rolos de pressão (nº máximo de rolos existentes neste tipo de máquinas) a alimentação é efectuada através de um movimento centrífugo sendo a matéria dirigida aos rolos. Dá-se então o esmagamento da matéria apresentando este no final uma forma condensada tal como demonstrado na figura 2.15.



Figura 2.15 - Máquina peletizadora de matriz cilíndrica vertical

As pellets são cortadas através de um sistema de facas caindo na bandeja de remoção e sendo recolhidas de seguida.

Tendo sido a matéria misturada com vapor, é necessário remover a humidade presente, agora nas pellets, de forma ao produto apresentar boas características de combustão. Segue-se o arrefecimento, onde as pellets são introduzidas numa câmara vertical em fluxo de contracorrentes.

O arrefecimento é considerado das etapas mais importantes de todo o processo de peletização, uma vez que é nesta etapa que a lenhina da madeira atinge o seu potencial máximo aglutinante que permite que as pellets mantenham a nova forma. No final do processo são novamente recolhidas as partículas finas que escaparam à densificação, sendo reintroduzidas novamente no início do processo.

Segue-se o empacotamento ou armazenamento das pellets é efectuado seguidamente e por fim a sua distribuição e transporte.

No campo da distribuição e transporte é necessário ter em atenção a distância até à qual as pellets vão ser transportadas uma vez que a distância encarece o seu custo assim como as emissões que são emitidas no transporte, de forma a haver um equilíbrio. Outra das atenções a ter no transporte das pellets é o facto de quanto maior a duração da viagem, maior a probabilidade das pellets serem sujeitas a condições que provoquem o aumento de humidade, alterando desta forma as suas características. (Alakangas, 2002).

Tabela 2.12 - Balanço energético da produção de pellets

	Energia (kcal)
Biomassa 540 t	1076544000
Necessidade de energia no processo	
Trituração: 6 moinhos (50 hp cada)	14868000
Secagem: evaporação de 203 t água (secadores de 50 hp cada)	182952000
Peletização: (337 t)	
2 moinhos peletizadores (600 hp)	29736000
Total de energia para o processo	22755600
Entrada total de energia (biomassa + processo)	1304100000
Eficiência energética do processo	92,7%

Fonte: Reed, 1978

Pela tabela 2.12, o processo de peletização é um processo muito eficiente do ponto de vista energético, sendo uma oportunidade de negócio hoje em dia tendo em vista as oscilações dos preços dos combustíveis fósseis.

3 COMPOSTAGEM

Os resíduos biodegradáveis constituem cerca de 36% da quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos em Portugal sendo o destino habitual o aterro. Neste sentido a estratégia da União Europeia em matéria de resíduos estabelece uma hierarquia preferencial das opções de gestão tendo em vista assegurar a eficiência na utilização de recursos naturais e a minimização dos impactes ambientais negativos associados aos resíduos (incluindo emissões atmosféricas, efluentes e ocupação do solo).

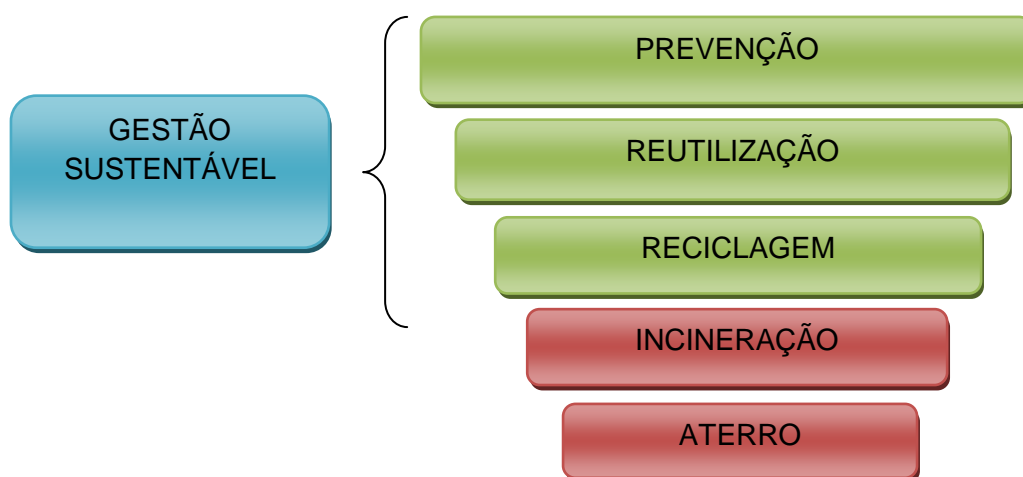


Figura 3.1 – Estratégia de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (Fonte: www.zeroresiduos.info)

Para uma gestão sustentável de resíduos é necessário que as práticas dos Estados Membro da União Europeia, caracterizadas pelo envio de quantidades significativas de resíduos sólidos urbanos para aterro, se focalizem no topo da hierarquia através de uma aposta clara na prevenção e reutilização dos resíduos e também na maximização da sua reciclagem. Neste último domínio a reciclagem da fracção orgânica dos RSU merece particular destaque, aqui se incluindo as técnicas de compostagem e digestão anaeróbia.

A compostagem apresenta-se nesta dissertação como uma alternativa para o destino de resíduos biodegradáveis que não podem ser utilizados para a produção de energia. Neste sentido resíduos biodegradáveis como restos de trabalhos de jardinagem dos jardins públicos, resíduos de varredura dos jardins e avenidas, folhas secas de árvores, flores secas dos cemitérios, resíduos do mercado municipal, resíduos de limpeza florestal, resíduos de jardins de particulares, eventualmente certos tipos de resíduos urbanos, entre outros, poderão passar por este processo numa óptica local.

Em alguns casos poderá ser necessário um procedimento de separação de plásticos e metais (ex. resíduos de cemitérios).

3.1 PROCESSO DE COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo bio-oxidativo controlado, que em condições adequadas de humidade, produz a degradação de resíduos heterogéneos por acção de uma flora microbiana variada. Durante a compostagem os microorganismos degradam aerobicamente parte da fracção orgânica a dióxido de carbono, água e sais minerais e outra parte sofre um processo de humificação resultando num composto estável que possui características apropriadas para a utilização como biofertilizante (Vlyssides et al., 1996; Tomati et al., 1996; Paredes et al., 2000; Bertoldi e Schnappinger, 2001).

Tendo em conta que os responsáveis pelo desenvolvimento das bio-reacções que ocorrem durante o processo de compostagem são microrganismos, as condições a controlar devem ser aquelas que podem influenciar a sua actividade, tais como a temperatura, o arejamento, a humidade, o pH e a razão carbono/azoto (C/N). O estabelecimento adequado destes parâmetros evita o desenvolvimento de processos não desejados, como a degradação anaeróbia que dá origem a maus cheiros e não permite atingir a higienização e estabilização dos materiais.

O processo biológico da compostagem inclui três etapas:

1. Pré-processamento dos resíduos sólidos, de acordo com os requisitos do produto final: separação de materiais recuperáveis, redução da dimensão e ajustamento das propriedades do material, como a humidade;
2. Decomposição aeróbia da fracção orgânica dos resíduos sólidos por diversos organismos;
3. Preparação do composto: para ser aceite no mercado, o composto tem de ter um tamanho de partícula uniforme, estar livre de contaminantes como o vidro, o plástico e metais e não ter cheiros, pelo que, para comercialização, o composto é normalmente sujeito a moagem ou dilaceração, peneiração e mistura com aditivos, antes de ser ensacado.

Durante a etapa da composição aeróbia, o material a ser compostado pode ser agitado (ou revolvido) periodicamente, ou em alternativa, pode ser mantido estático, insuflando ar através dele (arejadores). Em ambos os casos, a actividade metabólica altera a composição química da matéria original, reduz o volume e peso do resíduo e aumenta o calor do material. Quanto mais elevada a temperatura (até um determinado limite), mais trabalho está a ser realizado pelos microrganismos. Acima desse limite, a temperatura elevada passa a ser inibidora da actividade microbiana.

No caso da matéria orgânica ser facilmente biodegradável e reduzida, a actividade bacteriana também se reduz, a temperatura do material começa a baixar e o material pode ser tratado, de forma a que o composto tenha um odor agradável.

O composto estável melhora as características do solo, nomeadamente a estrutura e porosidade de solos arenosos e calcários; melhora a retenção da água e de nutrientes, melhora o arejamento, reduz a erosão e de acordo com alguns estudos, diminui a ocorrência de determinadas pragas das plantas, pode ainda ser utilizado em relvados, jardins, quintais, em plantas envasadas ou até como cama de gado.

3.2 SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

O processo de degradação microbiológica da matéria orgânica é função da composição do substrato e das condições físico-químicas em que se desenrola, dependendo a duração do processo e as propriedades dos produtos finais dessas condições.

Qualquer sistema de compostagem deve ter em conta três objectivos fundamentais: i) que seja o mais rápido possível e consuma pouca energia; ii) que garanta um produto final com propriedades normalizadas para o uso agrícola; iii) que o produto final não contenha patogénicos nem contaminantes para evitar riscos na sua utilização.

Para alcançar estes objectivos é necessário criar as melhores condições na pilha de material, constituindo o arejamento o parâmetro que pode tecnologicamente ser controlado com maior facilidade. De acordo com a tecnologia usada para o fornecimento de oxigénio à mistura, os sistemas de compostagem podem dividir-se em: sistemas abertos e sistemas fechados. Os sistemas abertos são os mais simples e os mais económicos ao passo que os sistemas fechados exigem um investimento superior. Dentro dos sistemas abertos existe ainda a distinção entre compostagem em pilhas reviradas e pilhas estáticas, isto é, na compostagem em pilhas reviradas, os resíduos sólidos podem ser colocados em medas, revolvidas uma ou duas vezes por semana, por um período de compostagem de 4 a 5 semanas. Este material sofre então uma cura de 2 a 8 semanas em pilhas estáticas ao ar livre, para garantir a estabilização completa, no caso da compostagem em empilhamentos estáticos e arejados, as fracções orgânicas de resíduos sólidos são colocadas sobre uma grade de arejamento ou de tubagem perfurada, com alturas de 2 a 2,5 metros. Uma camada de composto peneirado é muitas vezes colocado no topo de cada nova pilha para isolamento e controlo de cheiros. O arejador pode ser controlado por um temporizador ou por um microcomputador que provoque um determinado perfil de temperaturas. O material é compostado durante um período de 3 a 4 semanas e depois é curado durante outras 4.

No que diz respeito a sistemas fechados estes têm tido um aumento de popularidade dada a maior rapidez de operação, menores custos de mão-de-obra e menor necessidade de área. O tempo de detenção nestes sistemas varia entre 1 a 4 semanas, embora, na maioria, seja necessário um período adicional de cura de 4 a 12 semanas. No entanto, a compostagem em reactor é normalmente complicada do ponto de vista tecnológico, ao contrário dos outros sistemas de compostagem já referidos.

3.3 INTERESSE LOCAL DO PROCESSO

A compostagem apesar de ser vista como um processo de destino final de resíduos biodegradáveis, é um processo do qual se podem retirar várias vantagens entre as quais, a redução de resíduos orgânicos para incineração e aterro, reduzindo desta forma quantidades de resíduos depositados nestes locais e todos os custos inerentes a estes, assim como uma redução de CO₂ derivada do transporte destes.

O conceito da compostagem tem inerente a si a criação de hortas biológicas. Estas hortas consistem em espaços maioritariamente situados em meios citadinos onde a

população é convidada a exercer a prática da agricultura biológica tendo como um dos princípios a prática da compostagem.

O conceito de horta biológica assim como da compostagem têm sido desenvolvidos em Portugal principalmente nos grandes focos urbanos e fomentados em grande parte pelas Agendas XXI existentes.

4 ESTUDO DE UM CASO: O MUNICÍPIO DE ESPINHO

4.1 O MUNICÍPIO DE ESPINHO

O concelho de Espinho começou o seu desenvolvimento e crescimento junto do Oceano Atlântico, beneficiando de todas as suas riquezas para atingir o nível de qualidade de vida que hoje oferece aos seus habitantes. Situado no distrito de Aveiro, na região Norte de Portugal, é limitado a norte pelo município de Vila Nova de Gaia, a leste por Santa Maria da Feira, a sul por Ovar e a oeste pelo Oceano Atlântico.

É um concelho constituído somente por cinco freguesias (Espinho, Anta, Guetim, Paramos e Silvalde) com uma área de 21, 42 Km².

Apesar de ser um concelho pequeno no que diz respeito à área é um concelho que apresenta uma densidade populacional de 1573,3 hab/Km², isto devido à exponencial migração de habitantes para o concelho que se verificou há alguns anos atrás.

A par do atrás referido, Espinho tornou-se um concelho muito urbano e consequentemente muito comercial vocacionado para o turismo aproveitando a frente de mar que possui.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O estudo do uso do solo tem relação directa com a problemática do risco de incêndio. A sua caracterização permite avaliar tanto as áreas de risco de incêndio, devido à carga de combustível, como identificar as áreas de perigo (áreas florestais susceptíveis a incêndios) devido à presença humana.

Os dados referentes ao enquadramento do concelho de Espinho, provêm da Carta de Ocupação do Solo (COS'90), produzida à escala 1:25000 e, cujas fotografias utilizadas para a obtenção desta série cartográfica foram tiradas em Agosto de 1990 e em Agosto de 1991.

A metodologia para a produção cartográfica baseou-se, na sua maioria, em trabalho de gabinete, efectuando-se depois, trabalho de campo para a sua validação. Deste modo, e recorrendo (como foi referido anteriormente) à COS'90, procedeu-se à digitalização das manchas de ocupação associando o código e fazendo uma foto-interpretação da fotografia aérea existente do concelho. As manchas de ocupação obtidas (Figura 5.1.) foram, posteriormente validadas com trabalho de campo (PMDFCI).

O resultado deste trabalho, traduziu-se numa actualização da base de dados em formato digital, e que serviu de base para a análise da ocupação do solo no concelho de Espinho.

Apesar da Carta de Ocupação do Solo (COS 90) ser de há 19 nos, refira-se que o crescimento e urbanização do concelho de Espinho verificaram-se nos anos 80. Como referido anteriormente as zonas identificadas através da Carta de ocupação do solo

foram posteriormente validadas através de trabalho de campo estando os valores que se irão utilizar neste trabalho de acordo com a actualidade.

4.2.1 OCUPAÇÃO DO SOLO NO CONCELHO DE ESPINHO

A área florestal corresponde a 475,6 ha, enquanto que, a área agrícola representa a 752,38 ha. Os incultos correspondem a 101,70 ha, os meios semi-naturais a 76,86 ha e as superfícies aquáticas a 54,69 ha. A área social (área habitacional) representa a 639,83 ha (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Uso e ocupação do solo das freguesias de Espinho (PMDFCI)

Freguesias	Áreas Sociais (ha)	Agricultura (ha)	Floresta (ha)	Incultos (ha)	Meios Semi-Naturais (ha)	Superfícies Aquáticas (ha)
ANTA	157,13	225,28	205,96	10,37	2,33	0
ESPINHO	138,43	6,91	7,68	0,65	15,40	0
GUETIM	35,68	106,12	49,27	7,05	0	0
PARAMOS	133,86	186,75	106,93	77,07	31,15	54,69
SILVALDE	174,73	227,32	105,79	6,56	27,98	0
TOTAL	639,83	752,38	475,63	101,70	76,86	54,69

Analisando a ocupação do solo ao nível das freguesias verifica-se que, a freguesia de Anta é a que apresenta maior valor absoluto de ocupação florestal com 205,96 ha. Segue-se Paramos com 106,93 ha e, a freguesia com menor área florestal é Espinho com 7,68 ha (Figura 4.1).

A ocupação agrícola é, em geral, superior aos 100 ha com a excepção de Espinho e Guetim.

A maior área ocupada por incultos encontra-se na freguesia de Paramos com 77,07 ha. Nas restantes freguesias, os valores não chegam aos 100 ha.

A freguesia de Paramos é a que apresenta, também, a maior área ocupada por meios semi-naturais – praia, dunas, areais e solos sem cobertura vegetal, rocha nua – com 31,15 ha. Segue-se a freguesia de Silvalde (27,98 ha), e Guetim não possui meios semi-naturais (PMDFCI).

A totalidade de área ocupada por superfícies aquáticas no concelho (54,69 ha) encontra-se na freguesia de Paramos.

Em relação às áreas sociais, verifica-se que, em todas as freguesias, com excepção de Guetim, a área é superior a 100 ha destacando-se a freguesia de Silvalde com 174,73 ha.

É relevante, também, analisar-se a distribuição das áreas de floresta e incultos relativamente à área total de cada uma das freguesias.

Tabela 4.2 - Área florestal e área de incultos nas freguesias do concelho de Espinho

Freguesias	Floresta(%)	Incultos (%)
ANTA	43,22	1,73
ESPINHO	4,35	0,37
GUETIM	51,82	3,54
PARAMOS	27,20	13,04
SILVALDE	29,27	1,20

A percentagem de área florestal por freguesia é maior em Guetim com 51,82%, seguida de Anta com 43,22%. A freguesia de Espinho apresenta apenas 4,35% de área florestal.

A percentagem da área de incultos por freguesia é maior em Paramos com 13,04%, seguida de Guetim com 3,54%. As restantes freguesias apresentam valores muito baixos na ordem dos 1% sendo que, a freguesia de Espinho apresenta apenas 0,37%

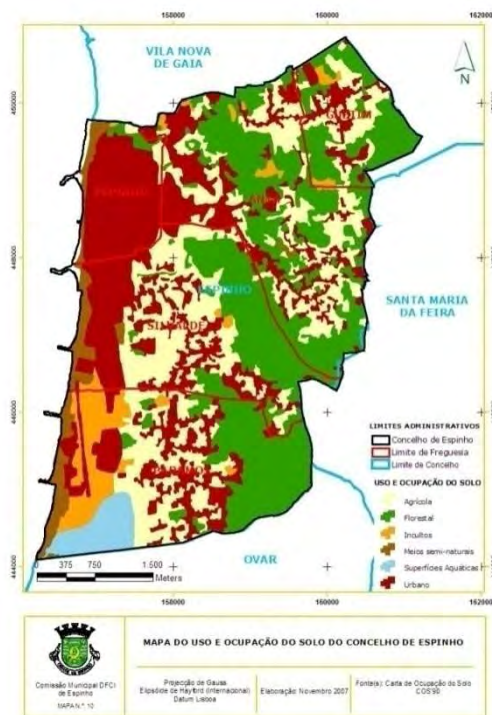


Figura 4.1 - Mapa de uso e ocupação do solo (Fonte: PMDFCI)

4.2.2 POVOAMENTOS FLORESTAIS

É de extrema importância, depois de conhecida a área florestal no concelho e, em particular em cada uma das freguesias, saber quais as espécies existentes.

Tabela 4.3 - Povoamentos florestais (Fonte: PMDFCI)

Freguesias	Folhosas e Eucalipto (ha)	Folhosas e Pinheiro (ha)	Pinheiro e Eucalipto (ha)	Puros de Eucalipto (ha)	Puros de Folhosas (ha)	Puros de Pinheiro (ha)	Matos pouco densos (ha)
ANTA	0,05	4,47	144,73	3,41	5,51	47,03	0,61
ESPINHO	0	0	0	0	5,99	0,77	0
GUETIM	0	0	81	0	2,04	20,58	0
PARAMOS	0	8,50	128,02	1,12	5,72	6,07	75,37
SILVALDE	0	0	124,27	0,18	7,58	3,54	4,42

Os povoamentos de pinheiro bravo e eucalipto são os que estão mais presentes em todo o concelho, com a excepção da freguesia de Espinho onde não existe eucalipto (Tabela 4.3).

Os povoamentos puros de pinheiro bravo também são bastante significativos e, os povoamentos puros de folhosas estão difundidos por todas as freguesias.

A freguesia de Paramos apresenta uma área de matos pouco densos com 75,37 ha.

É evidente o predomínio do pinheiro sobre as restantes espécies florestais, uma vez que este aparece não só sob a forma de povoamento puro, como associado às outras espécies.

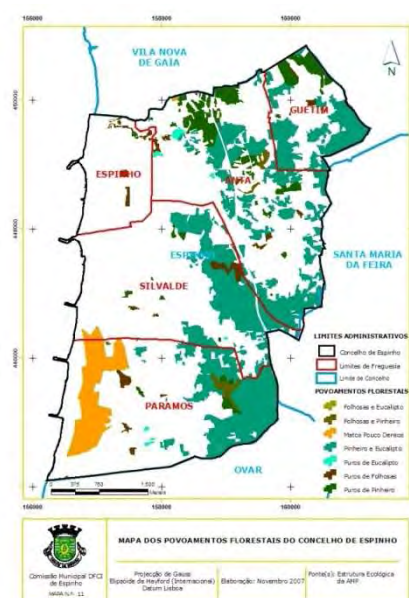


Figura 4.2 - Povoamentos florestais no município de Espinho (PMDFCI)

4.2.3 ÁREAS PROTEGIDAS, REDE NATURA 2000 E REGIME FLORESTAL

Numa área partilhada, a Norte pelo Município de Espinho, e a Sul pelo Município de Ovar, localiza-se a Barrinha de Esmoriz.

É uma lagoa costeira com uma forma grosseiramente triangular e uma área com cerca de 396 ha, que resulta da confluência das águas da Ribeira de Rio Maior (a Norte) e da Ribeira da Maceda (a Sul).

Constituindo a única “laguna costeira” a Norte do país, integra a Rede Natura 2000 devido a apresentar uma interessante diversidade de habitats característicos de zonas dunares e zonas húmidas, aves de interesse ecológico e uma riquíssima variedade de fauna e flora.

4.2.4 INSTRUMENTOS DE GESTÃO FLORESTAL

É reconhecido que as áreas florestais mais significativas pela sua dimensão e gestão se encontram associadas a duas situações distintas:

- áreas florestais integradas em áreas de baldios;
- áreas florestais em explorações agrícolas.

Contudo, para determinar as áreas florestais sujeitas a instrumentos de gestão florestal, como os Planos de Gestão Florestal (PGF) e Zonas de Intervenção Florestal (ZIF), são consideradas mais duas categorias quanto ao tipo de propriedade:

- áreas florestais sob gestão de empresas industriais;
- outras áreas de uso florestal não representadas nas anteriores categorias que se admite corresponder a actividades florestais autónomas não integradas em explorações agrícolas, áreas abandonadas ou, eventualmente, por deficiente inventariação.

No concelho de Espinho, a área florestal não está sujeita a Regime Florestal e é caracterizada por pertencer maioritariamente a particulares.

5 BIOMASSA DISPONÍVEL PARA VALORIZAÇÃO MATERIAL E ENERGÉTICA

A avaliação da quantidade de biomassa presente no município de Espinho foi efectuada com recurso a três origens: as áreas florestais do município, a biomassa proveniente das podas das árvores de alinhamento do concelho e os resíduos verdes provenientes de trabalhos de jardinagem.

5.1 ÁREAS FLORESTAIS DO MUNICÍPIO

O município de Espinho, tal como consta no ponto 4.1 é um município com 21,42 km² sendo a maior parte do mesmo urbanizada, não existindo grandes parques ou matas no concelho. As zonas florestais existentes no município são de domínio privado estando ao abrigo dos proprietários todos os trabalhos referentes a limpezas e corte de árvores.

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei nº 124/2006 de 24 de Junho a Câmara Municipal poderá efectuar essa mesma limpeza caso o proprietário do terreno não a efectue.

Para a determinação da quantidade de áreas florestais existentes no concelho de Espinho recorreu-se ao ortofotomapa do concelho e através da demarcação das áreas com recurso ao programa ArcView 3.2. foi possível estimar a área pretendida (Figura 5.1). Posteriormente comparou-se a informação obtida com a informação contida no PMDFCI.

O recurso a dois métodos diferentes de quantificação das áreas florestais deveu-se ao facto de que quando se começou a efectuar o presente estudo, o Município de Espinho não dispunha de um PMDFCI, pelo que teve que se recorrer ao ortofotomapa cedido pelo Gabinete SIG da Câmara Municipal. Em Setembro de 2008, o PMDFCI foi aprovado tendo-se então procedido a uma comparação dos dados. Verificou-se que não havia disparidades entre os dois métodos.



Figura 5.1 - Zonas florestais do Município de Espinho

As áreas contornadas a vermelho correspondem às áreas florestais do concelho perfazendo um total de 475,6 ha.

Após se conseguir obter a área florestal do município foi necessário verificar o tipo de vegetação presente nessas mesmas áreas para se poder estimar a quantidade de biomassa proveniente da sua limpeza.

Na figura 5.2. são apresentadas fotografias das referidas áreas florestais.





Figura 5.2 - Áreas florestais no município de Espinho

De todas as áreas visitadas verificou-se que a área florestal era constituída maioritariamente por eucaliptos e pinheiros bravos. Para quantificar os resíduos provenientes da limpeza de cada povoamento de cada uma das espécies assumiu-se uma divisão da área florestal em 237,8 ha de eucaliptos e 237,8 ha de pinheiro bravo.

Para o cálculo das quantidades de resíduos verdes provenientes de cada espécie recorreu-se aos valores apresentados pelo IFN, referidos no ponto 2.4., uma vez que se tratam de dados mais recentes que os apresentados pelos restantes métodos.

Foi possível obter a quantidade de resíduos de biomassa seca que se poderá utilizar como combustível. De acordo com o ponto 2.4 a massa de resíduos de biomassa seca/ton/há/ano para o eucalipto é de 0,5 e para o pinheiro bravo de 0,3.

A quantidade de biomassa que se poderá obter nas áreas florestais de Espinho foi obtida da seguinte forma:

- Para o eucalipto

$$0,5 \text{ (ton secas/ (ha*ano))} \times 237,8 \text{ ha} = 118,9 \text{ ton secas/ano}$$

Foi efectuado o mesmo cálculo para o pinheiro bravo.

O potencial de resíduos de biomassa para as áreas florestais no município de Espinho será de 71,34 ton/ano provenientes do pinheiro e 118,9 ton/ano do eucalipto dando um total de 190,24 ton/ano.

5.2 BIOMASSA PROVENIENTE DAS PODAS DAS ÁRVORES DE ALINHAMENTO

Uma das características da cidade de Espinho é o facto de apresentar árvores de alinhamento ao longo de praticamente todas as ruas, e possuir um enorme terrado onde se realizam as feiras semanais e feira da revenda no qual se encontram 357 choupos de grande porte. A manutenção das árvores é da responsabilidade do sector de parques e jardins da Câmara Municipal.

A diversidade de espécies de árvores é bastante grande devido a nunca ter havido uma política de renovação de árvores no município. Na tabela 5.1. apresentam-se as espécies de árvores existentes assim como as suas quantidades.

Tabela 5.1 - Quantidade de árvores por espécie no município de Espinho

Espécie de árvore	Quantidade
<i>Platanus orientalis</i>	293
<i>Acer negundo</i>	226
<i>Fraxinus excelsior</i>	27
<i>Populus</i>	477
<i>Albizia julibrissin</i>	6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	166
<i>Melia azedarach</i>	230
<i>Begonia rubinea</i>	42
<i>Ulmus minor</i>	614
<i>Betula papyrifera</i>	27
<i>Hibiscus silyacus</i>	49
<i>Cercis siliquastrum</i>	19
<i>Tamarix canariensis</i>	70
<i>Eleagnus</i>	20
<i>Liquidambar orientalis</i>	27
<i>Lagerstroemia</i>	10
<i>Catalpa</i>	70
<i>Tília cordata</i>	22
<i>Quercus robur</i>	2
<i>Salix ribirica</i>	1
<i>Pirus saint clear</i>	10
<i>Quercus suber</i>	1
<i>Sophora</i>	3
Total de árvores existentes	2412

Após o levantamento das diferentes espécies de árvores existentes assim como da quantidade de árvores de cada espécie no município, realizaram-se podas a cada uma das espécies de forma a quantificar a biomassa proveniente de cada espécie. Apesar dos esforços efectuados e por incompatibilidade de serviço do sector dos jardins, não foi possível quantificar a biomassa resultante da poda das espécies: *Quercus robur*, *Salix ribirica*, *Pirus saint clear*, *Quercus suber* e *Sophora*. No entanto como o número destas árvores não é muito elevado, considerou-se que o seu valor não terá reflexos no presente estudo.

No que diz respeito às espécies *Albizia julibrissin*, *Begonia rubinea*, *Betula papyrifera*, *Cercis siliquastrum*, *Tamarix canariensis*, *Eleagnus*, as quantidades de biomassa provenientes da poda de cada uma destas árvores foram consideradas análogas à quantidade proveniente de uma árvore da espécie *Hibiscus silyacus* por não ser possível efectuar a poda das respectivas espécies. Esta informação foi adquirida junto dos jardineiros que efectuem as podas anualmente e devido à sua experiência em anos

anteriores foi possível a analogia referida. É de referir que este último grupo de árvores assim como a maior parte das árvores de alinhamento do concelho estão sujeitas a condições que não são propícias ao seu desenvolvimento adequado devido, a se situarem em caldeiras nos passeios. Esta condicionante impede o correcto desenvolvimento das raízes das mesmas, estando em grande parte das árvores o seu desenvolvimento atrofiado.

Para a quantificação da biomassa proveniente de cada poda de árvore, após a mesma, os resíduos verdes provenientes desta, foram inseridos num estilhador que projecta a matéria vegetal para uma caixa de uma viatura. Seguidamente agrupou-se toda a matéria vegetal de forma a poder-se medir o volume desta e em recipientes de 30 ou 50 litros retiraram-se amostras. Essas mesmas amostras foram pesadas obtendo-se assim a massa volúmica a granel de cada amostra e consequentemente a massa proveniente de cada espécie.



Figura 5.3 - Exemplificação do estilhamento

Tabela 5.2 - Massa e massa volúmica da biomassa resultante da poda de cada espécie de árvore

Espécie de árvore	Volume (m ³)	Massa (kg)	Massa volúmica a granel (kg/ m ³)	Volume de estilha proveniente de 1 árvore (m ³)	Massa proveniente de 1 árvore (kg)
<i>Platanus orientalis</i>	0,03	8,40	281,4	0,75	210,9
<i>Acer negundo</i>	0,03	6,03	201,0	0,06	12,1
<i>Freixo Excelsia</i>	0,03	6,41	213,9	0,07	15,4
<i>Acer</i>	0,05	13,56	271,1	0,15	39,5
<i>Albizia julibrisin*</i>	0,03	0,30	10,1	0,09	0,9
<i>Pseudo-platano</i>	0,03	8,86	295,4	0,018	5,3
<i>Melia azedarach</i>	0,03	9,73	324,2	0,23	74,6
<i>Rubinea*</i>	0,03	0,30	10,1	0,09	0,9
<i>Negrilho</i>	0,05	12,80	255,9	0,16	39,9
<i>Bétula*</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Hibiscus syriacus</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Olaia*</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Tamarix*</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Eleagnus</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Liquidambar</i>	0,05	11,95	239,1	0,09	21,8
<i>Lagerstroemia</i>	0,03	0,304	10,1	0,09	0,9
<i>Catalpas</i>	0,03	5,82	193,9	0,15	29,9
<i>Tilia cordata</i>	0,03	7,1	236,7	0,63	149,1
<i>Carvalho</i>					
<i>Salgueiro</i>					
<i>Pirus saint clear</i>					
<i>Sobreiro</i>					
<i>Sophora</i>	0,03	8,807	296,6	0,1755	51,5

* Por impossibilidade de realização de podas as quantidades de biomassa provenientes destas espécies foram igualadas ao *Hibisco syriacus*.

Após a obtenção da massa de biomassa resultante da poda de cada uma das espécies, foi estimada a quantidade de resíduos verdes proveniente para o total de árvores existentes no concelho. Neste procedimento foi necessário distinguir as árvores que são podadas anualmente e as que eram podadas de 2 em 2 anos (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 – Biomassa proveniente de podas de árvores de alinhamento

Espécie de árvore	Nº de árvores no município	Nº de árvores com poda anual	Nº árvores com poda de 2 em 2 anos	Total biomassa (kg)	Total biomassa anual (kg)	Total biomassa de 2 em 2 anos
Platanus orientalis	293	239	54	61785	50398	11387
Acer negundo	226	226	0	2726	2726	0
Freixo Excelsia	27	27	0	416	416	0
Choupo	477	468	9	18830	18474	355
Albizia*	6	4	2	5	4	2
Pseudo-platano	166	159	7	883	845	37
Melia azedarach	230	230	0	17148	17148	0
Rubinea*	42	42	0	38	38	0
Negrilho	614	611	3	24513	24393	120
Bétula*	27	20	7	25	18	6
Hibiscus siryacus	49	49	0	45	45	0
Olaia*	19	18	1	17	16	1
Tamarix*	70	70	0	64	64	0
Eleagnus	20	20	0	18	18	0
Liquidambar	27	20	7	588	436	152
lagerstroemia	10	10	0	9	9	0
Catalpas	70	70	0	2090	2090	0
Tília	22	4	18	3280	596	2684
Carvalho*	2	2	0	0	0	0
Salgueiro*	1	1	0	0	0	0
Pirus saint* clear	10	10	0	0	0	0
Sobreiro*	1	1	0	0	0	0
Sophora	3	3	0	155	155	0
Total	2412	2304	108	132634	117890	14745

* Não foi possível efectuar podas nestas espécies de árvores

Assumindo que todas as árvores no momento da poda contêm em média 55% (em massa) de humidade (Fernandes, 1998) calculou-se a quantidade de biomassa em base seca (Tabela 5.4). A biomassa com teor de humidade de 25% (em massa) de humidade é considerada seca (Fernandes, 1998). Uma vez que a biomassa tem um média 55% em massa de humidade serão subtraídos 30% (em massa) de humidade de forma a no final de encontrar biomassa com 25% (em massa) de humidade.

Tabela 5.4 – Biomassa em base seca proveniente das podas das árvores

Espécie de árvore	Total de biomassa com poda anual (kg)	Total de biomassa com poda de 2 em 2 anos (kg)
Platano	35279	7971
Acer negundo	1908	0
Freixo Excelsia	291	0
Choupo	12932	249
Albizia*	3	1
Pseudo-platano	592	26
Melia azedarach	12004	0
Rubinea*	27	0
Negrilho	17075	84
Bétula*	13	4
Hibiscus silyacus	31	0
Olaia*	11	1
Tamarix*	45	0
Eleagnus	13	0
Liquidambar	305	107
Lagerstroemia	6	0
Catalpas	1463	0
Tília	417	1879
Carvalho	0	0
Salgueiro	0	0
Pirus saint clear	0	0
Sobreiro	0	0
Sophora	108	0
Total	82523	10321

* Não foi possível efectuar podas nestas espécies de árvores

Anualmente provêm 82,5 toneladas secas de biomassa provenientes das podas. Em anos que são podadas todas as árvores acresce a esse valor de 10,3 toneladas secas.

5.3 RESÍDUOS VERDES PROVENIENTES DE TRABALHOS DE JARDINAGEM

O município de Espinho, possui cerca de 100.000 m² de jardins e canteiros cuja manutenção é da responsabilidade do sector de parques e jardins da Câmara Municipal. Estes espaços estão divididos em ajardinamentos de pequenas e médias dimensões distribuídos por todo o município.

A produção de resíduos verdes é o maior tipo de resíduo produzido na manutenção de espaços verdes do município. Os resíduos verdes são provenientes de quatro locais diferentes:

- i. Os resíduos provenientes das manutenções de jardins, maioritariamente constituídos por relvas, ervas daninhas, ervas secas, plantas e flores de época secas ou em decomposição e uma parcela destes resíduos provém dos resíduos verdes que os munícipes depositam nos ecocentros, no entanto a parcela referente aos resíduos verdes dos munícipes não está contabilizada separadamente pela CME estimando-se na ordem dos 5%;
- ii. Verdes dos cemitérios, estes resíduos são provenientes, tal como o nome sugere por restos de flores e plantas que haviam sido colocados nas campas dos cemitérios pelos munícipes. Estão para este efeito colocados junto dos cemitérios contentores para a deposição exclusiva deste tipo de resíduos aos quais a população tem aderido em grande escala.
- iii. Resíduos verdes do parque de campismo municipal tratando-se de ervas daninhas, relvas e folhas secas. Estes resíduos geralmente são recolhidos uma a duas vezes por ano na altura de preparação do parque de campismo para a época de Verão.
- iv. Resíduos verdes provenientes das podas das árvores. A poda é efectuada de Outubro a Fevereiro, sendo os resíduos resultantes em forma de estilha.

Na figura 5.4. apresenta-se a distribuição dos diferentes tipos de resíduos.

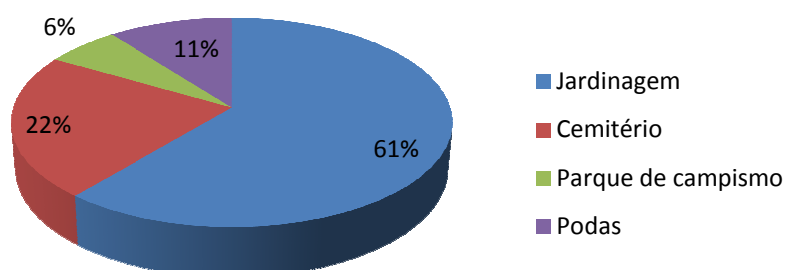


Figura 5.4 - Relação da proveniência dos resíduos verdes

O destino dos resíduos produzidos em resultado das operações de manutenção destes espaços até ao ano 2000 era o aterro sanitário ou a deposição em terrenos municipais. No entanto a partir de 2000 este tipo de resíduos começou a ser enviado para a central de compostagem da Lipor e a massa produzida anualmente passou a ser monitorizada. Em 2001 foram construídos moloks junto dos cemitérios do concelho para a deposição exclusiva de resíduos. Na figura 5.5. é apresentada a evolução da recolha de resíduos verdes resultantes de todos os trabalhos de manutenção de parques e jardins. A quantidade relativa às podas não está contabilizada uma vez que a estilha é aproveitada para a colocação nos canteiros de forma a evitar o crescimento de ervas daninhas e de

forma a embelezar espaços sombrios onde não é possível o crescimento de relva, não sendo portanto transportada para a Lipor.

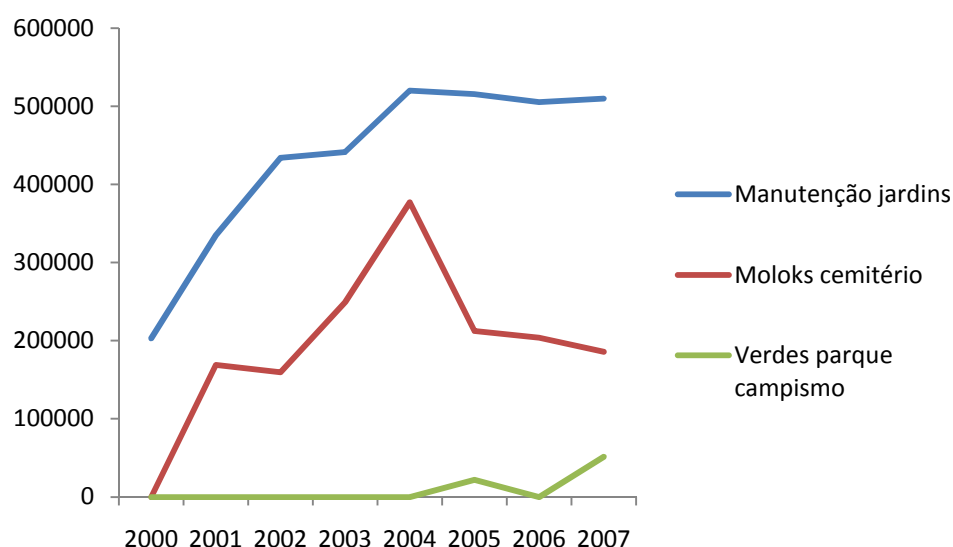


Figura 5.5 - Quantidade de resíduos verdes recolhidos no município de Espinho

No ano de 2007 foram recolhidas 871,5 toneladas de resíduos verdes, das quais 82,5 toneladas correspondem a resíduos de biomassa provenientes das podas das árvores de alinhamento, sendo as restantes 788,8,1 ton referentes a resíduos verdes provenientes de outras tarefas (manutenção de canteiros, recolha de resíduos verdes em cemitérios, recolhas de resíduos verdes ao domicílio, etc) (Figura 5.4).

Relativamente aos resíduos verdes provenientes de jardinagem foram transportados para a Lipor 494 toneladas, os resíduos verdes provenientes da manutenção do parque de campismo foram de 109 toneladas e os resíduos verdes depositados em moloks nos cemitérios foram de 186 toneladas.

No ano de 2007 foi possível quantificar a quantidade de biomassa proveniente das podas das árvores devido á realização deste estudo.

6 DEFINIÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS DE GESTÃO DA BIOMASSA DISPONÍVEL NO MUNICÍPIO

Perante as quantidades de biomassa sob forma de estilha que se obtêm em resultado da manutenção dos espaços verdes, e que não são valorizadas, achou-se pertinente avaliar a opção do seu aproveitamento energético.

A opção do aproveitamento dos resíduos provenientes das podas das árvores de alinhamento e resíduos provenientes das limpezas das faixas da rede viária florestal, surge a necessidade de haver um cumprimento da Lei, um exemplo por parte do município em relação aos munícipes e da necessidade de redução de custos.

Esta opção apesar de ser uma alternativa “amiga do ambiente” e com tecnologia comprovada em muitos dos casos, foi também provado que é vantajosa economicamente, sendo o combustível é um recurso endógeno e como tal existe uma garantia de fornecimento contínuo.

Para o efeito foram consideradas as várias situações actuais de consumo de energia térmica em equipamentos municipais, tendo sido seleccionado o caso do balneário marinho em que pareceu ser possível considerar soluções alternativas com recurso à biomassa disponível.

Neste capítulo são apresentados vários cenários no que diz respeito ao aproveitamento da biomassa de forma a se conseguir uma solução económica e ambientalmente mais vantajosa.

Serão apresentados 6 cenários e realizadas as suas análises:

- Cenário 1: Cenário actual – Utilização de caldeira a gás natural no Balneário Marinho e situação actual no sector dos jardins
- Cenário 2: Substituição da caldeira actualmente existente por uma caldeira a biomassa (pellets).
- Cenário 3: Aproveitamento da estilha proveniente da poda das árvores de alinhamento e complementar das restantes necessidades energéticas com pellets.
- Cenário 4: Aproveitamento da estilha proveniente das limpezas das faixas da Rede Viária Florestal e complementar as restantes necessidades energéticas com pellets.
- Cenário 5: Aproveitamento da estilha proveniente da limpeza integral de todas as manchas florestais e complementar com pellets.
- Cenário 6: Aproveitamento da biomassa total da poda das árvores juntamente com o aproveitamento da biomassa proveniente da limpeza das faixas florestais e complementar as restantes necessidades energéticas com pellets.

6.1 CENÁRIO 1

6.1.1 SITUAÇÃO ACTUAL DO SECTOR DOS JARDINS

O sector dos Jardins da Câmara Municipal de Espinho é actualmente constituído por 20 colaboradores, que têm ao seu cargo todos os trabalhos respeitantes a:

- Podas de árvores;
- Manutenção de jardins e canteiros do município;
- Reprodução de plantas e manutenção do viveiro municipal.

O sector é actualmente constituído por 11 elementos do sexo masculino e 9 do sexo feminino com 90% dos elementos com idades compreendidas entre os 18 – 49 anos e 10% com idades acima dos 50 anos.

Os encargos financeiros associados a este sector dividem-se nas seguintes categorias: salários dos colaboradores, materiais, aquisição de novas plantas, arbustos e árvores, aquisição e manutenção de equipamentos, combustível associado à viatura do sector, motorista associado ao sector dos jardins, transporte e descarga de matéria vegetal na Lipor e motorista que efectua essas descargas.

Os encargos financeiros ao pessoal foram obtidos através de consulta dos vencimentos dos 20 colaboradores, aos quais se somaram os encargos que a CME tem com estes no que diz respeito à Caixa Geral de Aposentações e ao subsistema de saúde ACASA; no total, a CME despendeu 285.000€ no ano de 2007, cerca de 1190€ por colaborador. No que respeita aos materiais de apoio aos serviços, estão nesta parcela inseridos equipamentos de protecção individual e consumíveis (produtos de limpeza, herbicidas, adubos, sacos plásticos, vassouras e fatos de chuva) que constituíram um encargo de 12000€ em 2007.

A constante renovação e embelezamento dos diversos jardins e árvores de alinhamento do município obriga igualmente à aquisição de novas plantas, sementes e árvores tendo o seu custo atingido os 5000€ em 2007.

Outra parcela importante para a realização das tarefas dos jardins de uma forma eficaz é a renovação de equipamentos, isto é, anualmente adquirem-se relvadeiras, roçadores, tesouras, ancinhos, pás entre outros equipamentos necessários para que os materiais existentes não atinjam um grau de degradação que inviabilize a correcta e eficaz realização das tarefas.

Relativamente à viatura que é diariamente cedida ao sector dos jardins, esta é utilizada para a realização da distribuição e recolha dos colaboradores pelas diferentes tarefas. Os custos relativos à manutenção desta viatura não podem ser associados ao sector dos jardins uma vez que a viatura poderá não ser a mesma diariamente e existe um sector que tem a seu cargo a manutenção da mesma. No entanto há que associar ao sector dos jardins o combustível (gasóleo) que é dispendido nas tarefas diárias do sector. Na tabela 6.1 apresentam-se os dados relativos a esses custos.

Tabela 6.1 – Encargos financeiros anuais associados à viatura cedida ao sector dos jardins.

Distância média diária de recolha (D)	30 km
Consumo médio da viatura (G)	0,15 L/km
Custo médio do litro do gasóleo em 2007 (P)	1,1 €/L
Nº de dias de utilização média da viatura (N)	261 dias / ano
Custo médio anual (C _a)	1291 €/ano

$$C_a[\text{€/ano}] = \bar{D}[\text{km/dia}] \times G[\text{Lgasóleo/km}] \times P[\text{€/Lgasóleo}] \times N[\text{dias/ano}] \quad \text{Eq.(6.1)}$$

O motorista responsável pela condução da viatura não é um elemento do sector dos jardins, pelo que o seu vencimento será adicionado às despesas do sector dos jardins sob forma de custo/hora do mesmo. A tabela 6.2 apresenta os custos associados ao motorista da viatura.

Tabela 6.2 – Encargos financeiros associados ao motorista da viatura dos jardins.

Custo médio por hora de trabalho (C _m)	8 €
Nº de horas de serviço/ dia (N _m)	7 horas
Nº de dias de serviço (em média) por ano (N)	261 dias
Custo médio anual (C _a)	14616 €/ano

$$C_a[\text{€/ano}] = C_m[\text{€/h}] \times N_m[\text{h/dia}] \times N[\text{dias/ano}] \quad \text{Eq.(6.2)}$$

Por último o custo das descargas de matéria vegetal efectuadas na Lipor e o respectivo custo do motorista têm igualmente que ser associados ao sector dos jardins nos mesmos termos da viatura e motorista apresentados anteriormente. A tabela 6.3. apresenta os custos associados às descargas na Lipor e a tabela 6.4. apresenta os custos do motorista que efectua esses mesmos transportes.

Tabela 6.3 – Encargos financeiros relativos ao transporte e descarga de resíduos verdes na Lipor.

Nº médio de quilómetros efectuados por descarga (km/descarga)	68 km
Consumo médio da viatura (G)	0,45 L/km
Frequência das descargas (F)	1 x semana
Custo médio/ descarga/ semana (C _{ds})	30,6 €
Custo médio anual (C _a)	1591 €/ano

$$C_{ds}[\text{€/descarga}] = \bar{D}_d[\text{km/descarga}] \times G[\text{Lgasóleo/km}] \times F \quad \text{Eq.(6.3)}$$

$$C_a[\text{€/ano}] = C_{ds}[\text{€/descarga}] \times N_a[\text{semanas/ano}] \quad \text{Eq.(6.4)}$$

Tabela 6.4 – Encargos financeiros associados ao motorista que efectua o transporte e descarga de resíduos verdes na Lipor.

Custo médio/ hora do motorista (C_m)	8 €
Nº médio de horas/ descarga (N_m)	3 horas
Custo médio/ descarga/ semana (C_{ds})	24 €/ descarga/ semana
Custo médio anual (C_a)	1248 €/ano

$$C_{ds}[\text{€/descarga}] = C_m[\text{€/h}] \times N_m[\text{h/dia}] \quad \text{Eq. (6.5)}$$

$$C_a[\text{€/ano}] = C_{ds}[\text{€/descarga}] \times N_a[\text{semanas/ano}] \quad \text{Eq.(6.6)}$$

Em resumo.

Tabela 6.5 - Resumo de encargos financeiros relativos ao sector dos jardins em 2007.

Custos relativos a:	€
Colaboradores	285.800
Materiais de apoio ao serviço	12.000
Aquisição de material vegetal (arbustos, plantas e árvores)	5.000
Aquisição e manutenção de equipamentos	10.000
Combustível da viatura ao sector dos jardins diariamente	1.291
Motorista da viatura alocada ao sector dos jardins	14.616
Combustível associado à descarga de resíduos verdes na Lipor	1.591
Motorista da viatura associada às descargas na Lipor	1.248
Encargos financeiros do sector dos jardins no ano de 2007	331.547

Apesar dos encargos financeiros associados a cada tarefa torna-se hoje em dia necessário contabilizar igualmente as emissões que advêm da realização dessas tarefas. Neste estudo as emissões contabilizadas serão as emissões de CO₂ associadas ao consumo de combustíveis fósseis, dada a importância deste composto no que diz respeito às alterações climáticas e às metas do Protocolo de Quioto.

Para a quantificação do consumo de combustível de cada viatura, recorreu-se aos litros de gasóleo consumidos por cada viatura no ano 2007 e aos quilómetros efectuados e conseguiu-se obter um consumo médio L/km.

Esta quantificação é efectuada para duas viaturas distintas, uma que presta apoio diário ao sector de parques e jardins e outra que efectua descargas semanais na Central de

Valorização Orgânica da Lipor. Trata-se de uma viatura ligeira e uma pesada pelo que os consumos diferem.

Em relação às emissões de CO₂ associadas à viatura ao serviço do sector dos jardins, a informação contabilizada apresenta-se na tabela 6.6.

Tabela 6.6 - Emissões de CO₂ provenientes da viatura ao serviço do sector dos jardins

Consumo médio de gasóleo da viatura (G)	0,15 L/km
Média de quilómetros efectuados em 2007 (D)	7830 km
Quantidade média de litros de gasóleo gastos em 2007(Q)	1174,5 L
Factor de emissão de CO ₂ (kg CO ₂ /kg fuel) (F _e)	3,14(*)
Densidade do gasóleo (kg/L) (D _g)	0,837(**)
Factor de oxidação (gasóleo) (F _o)	0,99 (*)
Emissões de CO ₂ em 2007 (kg CO ₂) (E)	3056

(*)Fonte: Anexo II, capítulo 2.1.1.1 Actividades de combustão gerais, da Decisão da Comissão nº 2007/589/CE, de 18.07.2007

(**) Fonte: Portaria nº 121/2005 de 31 de Janeiro

$$\bar{Q}[L] = G[L\text{gasóleo}/\text{km}] \times \bar{D}[\text{km}/\text{ano}] \quad \text{Eq.(6.7)}$$

$$E[\text{kg CO}_2] = \bar{Q}[L] \times D_g[\text{kg}/L] \times F_e[\text{kg CO}_2/\text{kg fuel}] \times F_o \quad \text{Eq.(6.8)}$$

O factor de oxidação é usado para se efectuar a correcção dos valores de forma a se considerar a combustão incompleta do combustível, computando-se a quantidade de carbono realmente oxidada na combustão. (Capítulo II: Orientações para as emissões de combustão das actividades enunciadas no anexo I do Decreto – Lei, www.apambiente.pt)

No que respeita à viatura associada ao transporte e descarga de resíduos verdes na Lipor, com base nos consumos de combustível e distâncias percorridas estimou-se que o consumo médio da viatura aos 0,45 litros por quilómetro. Foi efectuada uma média de 3536 quilómetros em 2007, o que correspondeu a um consumo médio de 1591 litros de gasóleo dos quais resultaram 4140 kg de CO₂.

Outra das fontes de emissão de CO₂, provem do uso do estilhador. No ano de 2007 foram utilizados 900 litros de gasóleo, que equivalem a 2365 kg CO₂.

A figura 6.1 apresenta as emissões de CO₂ por parte do sector dos jardins, um total de 9561 kg CO₂.

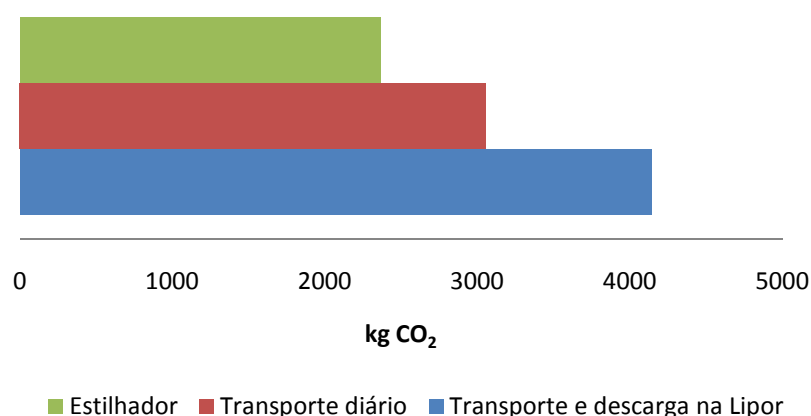


Figura 6.1 - Emissões de CO₂ associadas aos veículos afectos às actividades do sector dos jardins

6.1.2 SITUAÇÃO ACTUAL NO BALNEÁRIO MARINHO (PISCINA)

O Balneário Marinho é um equipamento direccionado para o lazer, saúde e bem-estar dos cidadãos. Possui uma piscina de água salgada aquecida com 10 x 20 metros e com uma profundidade média de 1,2 metros, e várias salas de tratamentos de Talassoterapia (banhos quentes de imersão, sauna e aplicação de cataplasmas de algas). Na época de Verão existe ainda aberta ao público uma piscina de 50m x 25m ao ar livre, não sendo esta aquecida, mas sendo necessário aquecer a água de banhos.

O aquecimento da água da piscina, banhos e ar ambiente é efectuado através de uma caldeira (ver figura 6.2.) com características apresentadas na tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Características da caldeira de água quente do balneário Marinho

Características	
Potência Térmica	697,7 kW _{th}
Pressão da água	5 bar
Temp. Max. De aquecimento da água	100°C
Combustível	Gás natural
Marca	ROCA



Figura 6.2 - Caldeira de água quente do Balneário Marinho

Os dados recolhidos junto do administrador do Balneário Marinho permitiram traçar um consumo de gás natural do ano de 2007 assim como a energia contida no gás natural consumido, isto é necessária para o seu funcionamento.

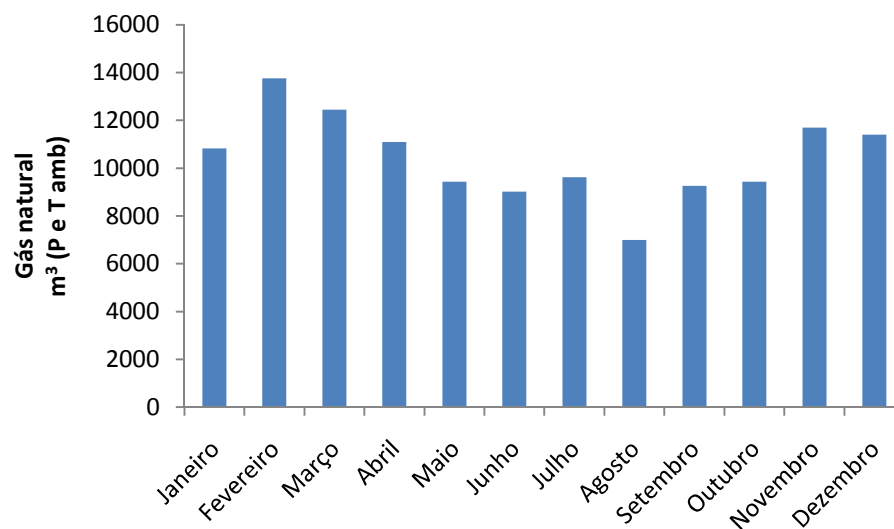


Figura 6.3 - Consumos de gás natural (m³) no ano 2007

O consumo de gás natural diminui nos meses de Verão, por não ser necessário um aquecimento tão acentuado como nos meses de Inverno devido ao gradiente de temperaturas ser superior e as perdas de calor serem menores (Tabela 6.8.).

Tabela 6.8 - Regime de funcionamento da caldeira.

Horário	Verão (Maio a Novembro)	Inverno (Dezembro a Abril)
2ª a 6ª feira	19	20
Sábados	17	18
Domingos	19	9

No Verão a caldeira tem necessidade de funcionamento mais longo durante o Domingo devido ao Balneário Marinho se encontrar aberto ao público e ser necessário o aquecimento da água de banhos.

De seguida apresentam-se os consumos de gás natural dos últimos 4 anos de forma a se traçar um perfil de consumo.

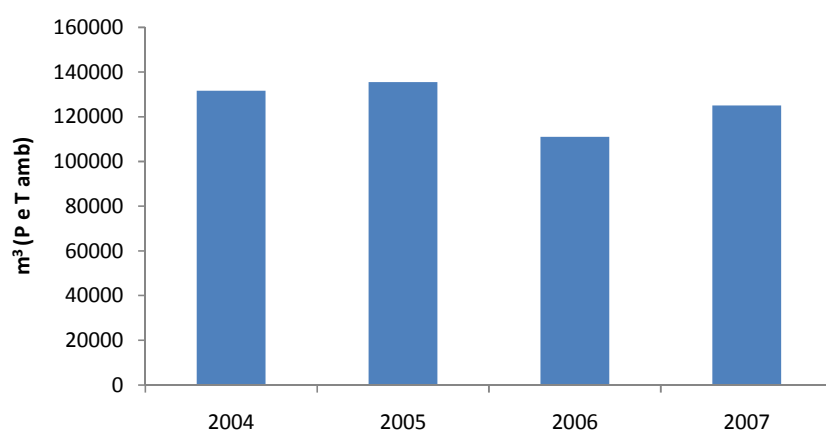


Figura 6.4 - Consumo de gás natural na caldeira no período (2004-2007)

O consumo de gás natural tem sido variável ao longo dos anos, no entanto as oscilações verificadas não são acentuadas (Figura 6.4).

No que diz respeito à energia eléctrica consumida no Balneário Marinho, esta é utilizada para iluminação e funcionamento de equipamentos eléctricos dos espaços interiores e tiveram um encargo financeiro médio de 36000€ no ano de 2007.

A energia necessária para o funcionamento da caldeira a gás natural existente actualmente no Balneário Marinho é de $4,74 \times 10^9$ kJ. O cálculo deste valor foi possível atendendo ao PCI do gás natural (Lusitania Gás) de 9054 kcal/ m³, o qual posteriormente se multiplicou pelo factor de conversão de kcal para kJ (4,19 kJ) e obteve-se a energia necessária para o funcionamento da caldeira.

O cálculo das emissões de CO₂ em resultado da utilização do gás natural é apresentado na tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Emissões de CO₂ associado ao consumo de gás natural na caldeira do Balneário Marinho.

Consumo médio de gás natural (m ³) (C _{gn})	125.000
Factor de emissão de CO ₂ (kg CO ₂ / GJ) (F _e)	56,1(*)
Factor de oxidação (gás natural) (F _o)	0,995 (*)
PCI (gás natural) (kcal/m ³)	9054 (**)
Emissões médias de CO ₂ (kg CO ₂ eq) (E)	299378

(*) Fonte: Anexo II, capítulo 2.1.1.1 Actividades de combustão gerais, da Decisão da Comissão nº 2007/589/CE, de 18.07.2007

(**) Fonte: Lusitânia gás

Factor de conversão de kcal para kJ: 1 kcal= 4,19 kJ

$$E[\text{kg CO}_2] = [C_{\text{gn}}[\text{m}^3] \times \text{PCI}[\text{kcal/m}^3] \times F_c] \times F_e[\text{kgCO}_2/\text{kg fuel}] \times F_o \quad \text{Eq.(6.9)}$$

6.2 CENÁRIO 2

A substituição da caldeira a gás actualmente existente requer um investimento por parte da autarquia para a colocação de uma caldeira a biomassa com as mesmas características em termos de potência térmica. Esta deverá ter como combustível a estilha e/ou pellets. Efectuaram-se várias abordagens junto de empresas no sentido de se conseguir obter um orçamento para a aquisição da caldeira com as características solicitadas, no entanto devido a razões de concorrência somente uma empresa (Instalvento) disponibilizou o custo da caldeira modelo CSA 800 com uma potência térmica igual a 800 kW_{th} e com um rendimento de 80% sendo esta caldeira equipada com um dispositivo no contentor de combustível da mesma para a utilização de estilhas de madeira uma vez que a maior parte das caldeiras somente está preparada para a recepção de pellets.

O preço fornecido foi de 75.000€ aos quais se deverá somar 25.000€ referentes a custos de instalação.

O valor final do investimento com o qual se irá fazer um balanço financeiro de benefício-custo é de 100.000€.

A Tabela 6.10. apresenta a comparação dos custos do uso do gás natural com os custos de pellets em caldeiras semelhantes e para as mesmas necessidades energéticas e rendimentos de 80% para ambas. A informação apresentada foi obtida tendo como base o consumo de gás natural no ano de 2007.

Tabela 6.10 - Consumo de gás natural vs consumo de pellets

Mês	Energia consumida/ necessária E_c [kJ]	Consumo gás natural (P e T amb) C_{gn} [m ³]	Consumo pellets C_p [ton]	Custo (€) gás natural	Custo (€) pellets
Janeiro	$4,11 \times 10^8$	10823	24,2	5234	4347
Fevereiro	$5,22 \times 10^8$	13759	30,7	6405	5527
Março	$4,72 \times 10^8$	12444	27,8	5834	4999
Abril	$4,21 \times 10^8$	11096	24,8	5141	4457
Maio	$3,58 \times 10^8$	9428	21,0	4327	3787
Junho	$3,42 \times 10^8$	9020	20,1	4118	3623
Julho	$3,65 \times 10^8$	9625	21,5	4466	3866
Agosto	$2,65 \times 10^8$	6989	15,6	3410	2807
Setembro	$3,95 \times 10^8$	9252	20,6	4417	3717
Outubro	$3,51 \times 10^8$	9426	21,0	4586	3786
Novembro	$3,58 \times 10^8$	11696	26,1	5808	4698
Dezembro	$4,44 \times 10^8$	11395	25,4	5611	4577
Total	$4,74 \times 10^9$	124954	278,8	59358	50192

$$E_c[\text{kJ}] = C_{gn}[\text{m}^3] \times \text{PCI}(\text{gás natural})[\text{kcal}/\text{m}^3] \times F_c \quad \text{Eq.(6.10)}$$

$$C_p[\text{ton}] = E_c[\text{kJ}] / (\text{PCI}(\text{pellets})[\text{GJ}/\text{ton}] \times 10^{-6}) \quad \text{Eq.(6.11)}$$

O rendimento térmico em ambas as caldeiras é de 80%.

Verifica-se que o uso de uma caldeira a pellets é mais vantajoso que o recurso ao gás natural e que mesmo nos meses de menor consumo essa diferença continua a ser competitiva (Tabela 6.10). A figura 6.5., compara o custo do uso de pellets e gás natural.

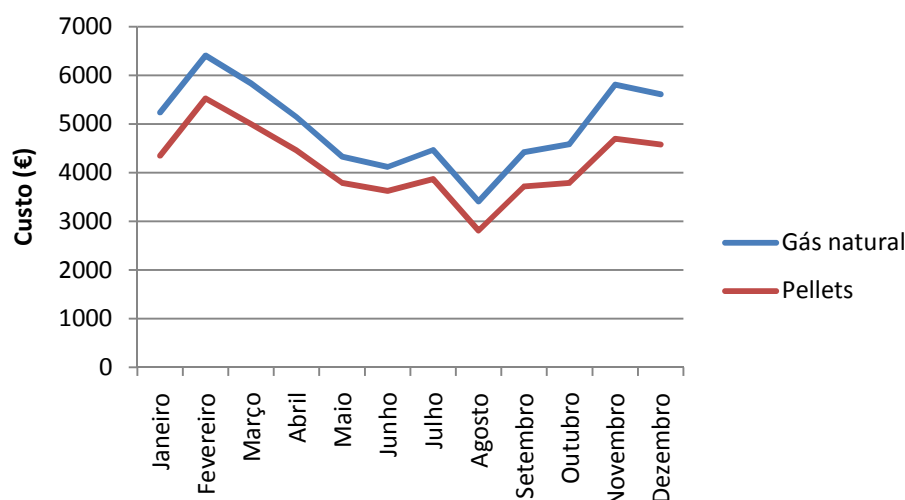


Figura 6.5 - Comparação do uso de pellets vs gás natural

O benefício da substituição de uma caldeira com combustível gás natural para uma caldeira com combustível pellets atinge os 9000 €/ano. O investimento inicial da caldeira mais a sua instalação é de 100.000€. Outro dos factores a ter em consideração aquando da comparação do uso destes dois combustíveis é o facto do gás natural se encontrar em rede e as pellets necessitarem de transporte da seu local de fabrico até ao local de consumo, neste caso o Balneário Marinho assim como de um local de armazenamento para as mesmas.

Após efectuada uma visita ao Balneário Marinho e após diálogos estabelecidos com o encarregado do local verificou-se que junto ao compartimento onde se localiza a caldeira existe um espaço que poderia ser utilizado para o armazenamento da biomassa. Das medições efectuadas ao local, o compartimento tem um comprimento de 3 metros, largura de 4 metros e 2,2 metros de altura o que perfaz um total de 26,4 m³.

Uma vez que é possível reunir as condições necessárias para o armazenamento de biomassa foram efectuadas pesquisas no sentido de se perceber qual a disponibilidade de fornecedores de pellets na zona circundante à cidade de Espinho. Encontrou-se uma empresa situada em Pedroso, concelho de Vila Nova de Gaia que após contacto, afirmou que poderia efectuar o fornecimento de pellets com um custo de 0,18€/kg ficando o transporte ao encargo da Câmara Municipal. A distância da fábrica ao Balneário Marinho é de 20 km (ida e volta).

A Tabela 6.11 apresenta o cálculo do encargo financeiro associado ao transporte das pellets.

Tabela 6.11 - Encargo financeiro relativo a um carregamento de pellets

Distância percorrida (ida e volta) (km)	20 km
Custo do combustível	3,3 €
Duração da tarefa	2,5 horas
Custo do motorista (C _{mt})	20 €
Custo por carregamento (C _c)	23,3 €

Os valores utilizados para o cálculo do custo do combustível foram os mesmos utilizados na Tabela 6.1.

$$C_c[\text{€}] = G[\text{Lgasóleo/km}] \times P[\text{€/Lgasóleo}] \times d[\text{km}] \quad \text{Eq.(6.12)}$$

$$C_{mt}[\text{€}] = C_m[\text{€/h}] \times N_m[\text{h/dia}] \quad \text{Eq.(6.13)}$$

O nº de horas de trabalho foi assumido tendo conta o tempo de carga e descarga da biomassa.

$$C_{ds}[\text{€/carregamento}] = C_{mt}[\text{€}] + C_c[\text{€}] \quad \text{Eq.(6.14)}$$

Atendendo ao facto de que o local para armazenamento das pellets tem um espaço limitado foi necessário o cálculo do nº de carregamentos necessários para o abastecimento conforme as necessidades. Para tal o valor da densidade das pellets foi de 650 kg/m³ (CBE,2002).

$$N_c = V_p[\text{m}^3]/V_c[\text{m}^3] \quad \text{Eq.(6.15)}$$

$$V_p[\text{m}^3] = Q_p[\text{kg}]/D_p[\text{kg/m}^3] \quad \text{Eq.(6.16)}$$

$$Q_p[\text{kg}] = [Q_e[\text{kJ/ano}]/(\text{PCI}(\text{pellets}) \times 10^{-6}[\text{kJ}]) \times 10^3[\text{kg}]] \quad \text{Eq.(6.17)}$$

O poder calorífico inferior das pellets é de 17 GJ/ ton base seca (CBE,2002) .

Após o cálculo do volume anual de pellets necessárias, 428,9 m³, e tendo em atenção que o espaço do compartimento de armazenamento é de 26,4 m³, ao dividir o primeiro valor pelo segundo obtém-se o nº de carregamentos necessários no ano, 16 carregamentos.

O preço de cada carregamento é de 3,3€, que multiplicado pelos carregamentos anuais necessários atinge-se o encargo financeiro que terá que se ter em conta, 378,6 €/ano.

Para calcular o período de retorno deste investimento considerou-se uma taxa de inflação de 2%, nos preços do gás natural, nos preços das pellets, nos combustíveis e aumento de 2% nos ordenados. A Tabela 6.12 apresenta os cálculos do período de retorno. O cálculo do período de retorno é efectuado através do somatório dos encargos associados nesse ano subtraindo o valor da caldeira no ano anterior. Em relação aos custos o valor anual destes foi sofrendo actualizações de 2% ao ano.

Tabela 6.12 - Período de retorno

Ano	Custo da caldeira a biomassa (€) (C_{cb})	Custo do gás natural (€) (Q_{gn})	Custo das pellets (€) (Q_{pe})	Custo do transporte de pellets (€) (C_t)
0	100000	59362	50184	426
1	91073	60549	51188	434
2	81967	61760	52211	443
3	72679	62995	53256	452
4	63205	64255	54321	461
5	53542	65540	55407	470
6	43685	66851	56515	479
7	33632	68188	57646	489
8	23377	69552	58799	499
9	12917	70943	59975	509
10	2248	72362	61174	519
11	-8634	-	-	-

O ano zero reflecte os encargos financeiros no ano da instalação da caldeira e encargos financeiros que se verificaram no ano de 2007 no que diz respeito a custos de gás natural, pellets e transporte das pellets. Nos anos seguintes os custos de gás natural, pellets e custos de transporte de pellets vão sofrendo aumentos de 2% devido à inflação (Tabela 6.12). O custo da caldeira é calculado da seguinte forma:

$$C_{cb} \text{ no ano } x[\text{€}] = C_{cb} \text{ no ano } (x - 1)[\text{€}] - (Q_{gn} \text{ no ano } (x)[\text{€}] - (Q_{pe} \text{ no ano } (x)[\text{€}] + C_t \text{ no ano } (x))) \quad \text{Eq.(6.18)}$$

O período de retorno do investimento da caldeira a biomassa verifica-se após 10,2 anos.

Na instalação de uma caldeira deste tipo apesar de se verificar um benefício ao nível financeiro é igualmente importante analisar as diferenças no campo das emissões de CO_2 .

Neste caso as emissões que resultam da substituição da caldeira actualmente existente por uma caldeira a biomassa são as emissões associadas ao transporte das pellets. As emissões associadas à combustão da biomassa são consideradas nulas uma vez que o balanço de CO_2 absorvido pelas árvores que deram origem *versus* o CO_2 emitido pela combustão da biomassa é considerada nulo (CBE,2002)

As emissões associadas ao transporte das pellets seriam de 128 kg de CO_2 , tendo sido calculadas da mesma forma que as emissões apresentadas na Tabela 6.6 do ponto 6.1.1.

6.3 CENÁRIO 3

A cidade de Espinho tem ao longo das suas ruas árvores de alinhamento de diversas espécies que foram sendo plantados durante a construção da cidade. Existem no

município 2412 árvores de alinhamento centradas maioritariamente no centro do município, das quais 2304 são podadas anualmente sendo as restantes 108 podadas de dois em dois anos. Desta forma, surge um recurso que poderá ser aproveitado para o uso na caldeira a biomassa e caso não seja suficiente a restante energia poderá ser obtida através da combustão de pellets.

A poda das árvores é efectuada durante cinco meses no ano no período aconselhado por técnicos da área e é efectuada na maioria das árvores anualmente devido a estas se situarem junto a prédios habitacionais junto a janelas, podendo assim ser possível controlar melhor o seu crescimento. As restantes árvores situam-se em locais de menor atenção por parte da população às quais é permitido um crescimento natural não havendo necessidade de poda anual.

No ano de 2007 não foram podadas todas as árvores no entanto é possível, por comparação, saber a quantidade de biomassa proveniente dessas mesmas árvores devido à experiência dos jardineiros que realizam as podas das árvores há vários anos.

Para as operações de poda é efectuada durante cinco meses no ano são destacados cinco colaboradores. À mão-de-obra há que acrescentar os encargos financeiros do consumo de gasóleo por parte do destroçador utilizado para estilhar a biomassa, e que no ano 2007 consumiu 900 litros (Ponto 6.1.1). Ainda a acrescentar a estes custos existe um valor de 2000 € relativo a material para efectuar podas, isto é, tesouras de corte, serras eléctricas, entre outros equipamentos que são adquiridos todos os anos.

No ano de 2007 o encargo financeiro associado à poda das árvores ascende a um valor de 32760€, que corresponde a 14,2 € por árvore.

Tabela 6.13 - Encargos financeiros associados à poda

Nº de meses de podas (N_p)	5
Litros de gasóleo consumidos pelo estilhador (Q_E)	900 litros
Nº de colaboradores envolvidos na poda (T_p)	5
Custos com equipamento (E_{fe})	2.000 €
Encargo financeiro com poda em 2007(E_t)	32.760 €

$$E_{fpoda}[\text{€}] = T_p \times N_p[\text{meses}] \times E_t[\text{€}] + (\bar{Q}_E[L] \times C_c[\text{€}] + E_{fe}[\text{€}]) \quad \text{Eq. (6.19)}$$

Importa agora analisar a quantidade de energia que se consegue obter através da queima da estilha proveniente da poda das árvores.

Nos anos em que é realizada a poda das 2304 árvores é garantida uma quantidade de estilha que corresponde a 82523 kg (Tabela 5.4). O poder calorífico deste tipo de material é de 13,4 GJ/ton de estilha seca (CBE,2002). Nos anos em que a poda é realizada em todas as árvores a quantidade de estilha é de 92844 kg.

Neste caso a energia que se conseguiria produzir da combustão da estilha numa caldeira a biomassa seria de $8,84 \times 10^8$ kJ nos anos em que são podadas as 2304 árvores e nos anos em que são podadas 2412 a energia útil que se conseguiria obter seria de $9,95 \times 10^8$ kJ.

$$E_{ue}[kJ] = Q_{ep}[\text{ton}] \times \text{PCI}(\text{estilha})[\text{GJ}/\text{ton}] \times 10^6[\text{kJ}] \times r_{cb} \quad \text{Eq.(6.20)}$$

Se compararmos com a necessidade energética útil necessária por ano ($4,74 \times 10^9$ kJ x rendimento = $3,79 \times 10^9$ kJ) corresponde a 23,3% da energia necessária tendo que se completar a restante energia necessária com pellets no ano em que são podadas 2304 árvores e nos anos em que é efectuada a poda de todas as árvores a energia que se consegue obter corresponde a 26,2% da energia útil.

Sendo a necessidade energética anual igual a $3,79 \times 10^9$ kJ e a energia útil que se consegue obter através da poda das árvores de alinhamento anualmente é de $8,84 \times 10^8$ KJ, a energia que faltará para se conseguir complementar o consumo de estilha e dessa forma assegurar toda a energia térmica a partir da biomassa é de $2,91 \times 10^9$ kJ no caso da poda de 2304 árvores e $2,80 \times 10^9$ kJ no caso da poda de todas as árvores. Atendendo ao PCI das pellets consegue-se calcular a quantidade (ton) de pellets necessárias.

$$Q_{pn}[\text{ton}] = (E_{tn}[\text{kJ}] - E_{up}[\text{kJ}]) / 17 \times 10^6 / r_{cb} \quad \text{Eq.(6.21)}$$

No primeiro caso, a quantidade de pellets necessária para completar as necessidades energéticas é de 214 toneladas sendo o custo/ton de 0,18€/kg exprime um custo de 38483 €. No segundo caso a quantidade de pellets necessária seria de 205,7 ton.

Em comparação ao ponto 6.3, neste caso existe o aproveitamento de um recurso endógeno e é necessário o planeamento logístico para esse aproveitamento.

A estilha que é obtida das podas não poderá ser utilizada logo após a sua obtenção devido ao elevado teor de humidade que contém nesse momento. Desta forma o recurso ao viveiro municipal para secagem da estilha apresenta-se como uma boa opção devido a ter condições de armazenamento da mesma em lugar seco. Após a secagem da estilha esta seria transportada para o Balneário Marinho. Este transporte tem um encargo financeiro associado (Tabela 6.14).

Tabela 6.14 - Encargo financeiro relativo à descarga da estilha no Balneário Marinho

Distância percorrida (ida e volta)	2 km
Custo do combustível	0,33 €
Duração da tarefa	1,5 horas
Custo do motorista	12 €
Custo por carregamento	12,3 €

O cálculo do custo por carregamento/descarga é calculado da mesma forma que na Tabela 6.11.

Neste cenário há que considerar dois custos associados a transportes, o do transporte da estilha e o do transporte das pellets.

O espaço de armazenamento de biomassa no Balneário Marinho tem $26,4 \text{ m}^3$ pelo que será necessário efectuar várias deslocações para o carregamento quer de pellets, quer de estilha. Importa perceber o número de deslocações a efectuar em cada um dos casos.

A estilha tem uma densidade menor que as pellets, 200 kg/m³ (CBE) pelo que irá obrigar a um número maior de deslocações para a mesma quantidade de biomassa.

$$V_e[m^3] = Q_{ep}[ton]/D_e[kg/m^3] \quad \text{Eq.(6.22)}$$

$$N_c = V_e[m^3]/V_c[m^3] \quad \text{Eq.(6.23)}$$

Desta forma, o nº de deslocações a efectuar para o caso da estilha, seriam de 16 carregamentos e para as pellets seriam necessários 13, no caso da poda de 2304 árvores e no caso da poda total seriam de 18 carregamentos referentes à estilha e 12 carregamentos referentes às pellets.

Atendendo aos custos de cada viagem, o encargo financeiro que resulta do transporte da estilha seria de 193 € e 303 € no que diz respeito ao encargo financeiro do transporte das pellets no primeiro caso e de 217€ para a estilha e 279€ para as pellets no segundo caso.

Em relação ao período de retorno, o cálculo deste teve em atenção mais uma variável que no ponto 6.3, o custo de transporte da estilha. O cálculo do período de retorno foi calculado tendo em atenção que no primeiro ano é efectuada a poda de 2304 árvores e que no segundo ano é efectuada a totalidade das podas.

Tabela 6.15 - Período de retorno

Ano	Custo da caldeira a biomassa (€) (C _{cb})	Custo do gás natural (€) (Q _{gn})	Custo das pellets (€) (Q _{pe})	Custo do transporte de pellets (€) (Q _p)	Custo de transporte da estilha (€) (Q _e)
0	100000	59362	38483	303	193
1	79617	60549	37759	285	221
2	57333	61760	40022	315	201
3	36111	62995	39240	296	230
4	12881	64255	41562	327	208
5	-9277	-	-	-	-

$$C_{cb} \text{ no ano } (x)[€] = C_{cb} \text{ no ano } (x-1)[€] - [Q_{gn} \text{ no ano } (x) - (Q_{pe} \text{ no ano } (x)[€] + C_{tp} \text{ no ano } (x) + C_{te} \text{ no ano } (x)] \quad \text{Eq.(6.24)}$$

O período de retorno revela-se ao fim de 4,58 anos (Tabela 6.15).

No campo das emissões, neste ponto há a considerar as emissões resultantes dos transportes da biomassa, estilha e pellets, assim como das emissões resultantes do uso do estilhador que já foram apresentadas no ponto 6.1.1 na figura 6.1. As emissões de CO₂ resultantes do transporte de estilha e pellets foram calculadas de igual forma que demonstrado na tabela 6.6 atendendo aos valores apresentados na Tabela 6.14 para a estilha e Tabela 6.11 para as pellets. As emissões associadas ao carregamento das estilha seriam de 12,3 kg CO₂ e 102,5 kg CO₂ para as pellets perfazendo um valor total de 110,7 kg CO₂/ano no anos em que a poda é efectuada em 2304 árvores e 13,9 kg CO₂ referentes ao transporte da estilha e 94,5 kg CO₂ referentes ao transporte de pellets com um total de 108,4 kg CO₂/ano emissões no caso de poda total no município.

6.4 CENÁRIO 4

Outra fonte de biomassa existente no município de Espinho, são as manchas florestais. Estas manchas não têm um impacto muito significativo na área do concelho contudo merecem atenção no que diz respeito à sua limpeza e prevenção contra incêndios. Segundo o Decreto- Lei nº 124/2006 de 28 de Junho cada município a partir da data da aprovação do Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios fica obrigado a limpar faixas da rede viária florestal. Actualmente a rede viária florestal do município de Espinho tem uma extensão de 93,75 km distribuídos pelas cinco freguesias. De modo a prevenir os incêndios florestais, e de forma a facilitar a circulação de veículos de combate ao fogo, estes caminhos deverão ser sujeitos a uma limpeza de 10 metros para cada lado. No PMDFCI esta limpeza está prevista a cada cinco anos. O PMDFCI contempla igualmente essa divisão de faixas da Rede Viária Florestal (RVF) a serem limpas consoante a freguesia e o ano conforme apresentado na Tabela 6.16.

A freguesia de Anta é aquela que tem maior mancha florestal, e a limpeza das faixas da RVF é efectuada em dois anos consecutivos de forma a dividir uniformemente a quantidade de terreno a limpar anualmente (Tabela 6.16).

A distribuição da limpeza das faixas consoante o ano e consoante a área encontram-se discriminados na tabela 6.16.

Tabela 6.16 - Rede viária florestal do município de Espinho – extensão e área de limpeza (PMDFCI)

Freguesia	Ano	Comprimento (m)	Área de limpeza (ha) (*)
Espinho	2008	1827,44	3,65
Silvalde	2008	15909,10	31,82
Paramos	2009	16548,83	33,10
Anta	2010	27921,36	55,84
Anta	2011	18084,63	36,17
Guetim	2012	13460,16	26,92
Total		93751,52	187,5

(*) a limpeza das faixas da RVF é efectuada 10 metros para cada lado

A autarquia não dispõe de meios próprios para efectuar este tipo de trabalhos de manutenção florestal, pelo que terá necessidade de recorrer à subcontratação.

Uma estimativa da quantidade de biomassa que poderá ser obtida em resultado desta actividade pode ser obtida através de dados do Inventário Florestal Nacional. As manchas florestais em Espinho são maioritariamente constituídas por pinheiros e eucaliptos e como tal ir-se-á assumir que metade destas manchas é constituída por pinhal e outra metade por eucaliptal. A quantidade de biomassa proveniente de pinheiro bravo é de 0,3 ton secas/ha/ano e a parte de eucalipto (0,5 ton secas/ha/ano) (IFN,2001).

Tabela 6.17 - Biomassa proveniente da manutenção das faixas florestais

Freguesia	Ano	Quantidade de biomassa prevista do Pinheiro Bravo (ton) (Q_b)	Quantidade de biomassa prevista do Eucalipto (ton) (Q_e)	Total (ton)
Espinho	2008	0,55	0,91	1,46
Silvalde	2008	4,77	7,95	12,73
Paramos	2009	4,96	8,27	13,24
Anta	2010	8,38	13,96	22,34
Anta	2011	5,43	9,04	14,47
Guetim	2012	4,04	6,73	10,77

$$Q_b(\text{Pinheiro bravo})[\text{ton}] = A_m[\text{ha}] \times 0,3 \text{ ton secas/ha /ano} \quad \text{Eq.(6.25)}$$

$$Q_e(\text{Eucalipto})[\text{ton}] = A_m[\text{ha}] \times 0,5 \text{ ton secas/ha /ano} \quad \text{Eq.(6.26)}$$

Durante o ano de 2008 ou 2013, uma vez que o ciclo repete-se seriam possíveis a obtenção de 14,19 toneladas de biomassa seca (biomassa possível de ser utilizada para queima) que seria destróçada sob forma de estilha e posteriormente ser usada na caldeira a biomassa para produção de energia térmica. No ano de 2009 conseguiria obter-se 13,24 toneladas, no ano de 2010 seriam 22,34 toneladas, em 2011 seriam 14,47 toneladas e em 2012 a obtenção seriam de 10,77 toneladas, esta situação seria repetida a cada cinco anos.

A biomassa resultante da limpeza destas faixas pode, tal como a biomassa proveniente das podas, ser utilizada como combustível da caldeira a biomassa.

A tabela 6.18. apresenta a quantidade de energia térmica que se conseguiria produzir.

Tabela 6.18 - Estimativa da energia que se conseguiria obter através do uso da biomassa provenientes das limpezas das áreas florestais

Ano	Energia térmica que se conseguiria obter da manutenção das faixas dos pinhais (kJ)	Energia térmica que se conseguiria obter da manutenção das faixas dos eucaliptais (kJ)	Energia térmica útil que se conseguiria obter em cada ano (kJ) (E_T)
2008	$5,70 \times 10^7$	$9,51 \times 10^7$	$1,52 \times 10^8$
2009	$5,32 \times 10^7$	$8,87 \times 10^7$	$1,42 \times 10^8$
2010	$8,98 \times 10^7$	$1,50 \times 10^8$	$2,36 \times 10^8$
2011	$5,82 \times 10^7$	$9,69 \times 10^7$	$1,55 \times 10^8$
2012	$4,33 \times 10^7$	$7,21 \times 10^7$	$1,15 \times 10^8$
Total	$3,02 \times 10^8$	$5,03 \times 10^8$	$8,04 \times 10^8$

$$E_T[\text{kJ}] = Q_b[\text{ton}] \times \text{PCI}(\text{estilha}) \times r_{cb} \quad \text{Eq.(6.27)}$$

Com foi possível verificar na secção 6.3 a quantidade de energia necessária durante um ano no Balneário Marinho para satisfazer as necessidades energéticas é de $3,79 \times 10^9$ kJ. A Tabela 6.19. apresenta a percentagem de energia que seria possível extrair da biomassa assim como a poupança a esta associada.

Tabela 6.19 – Percentagem de energia que se consegue obter através da manutenção das faixas da RVF

Ano	% da energia útil (E_U)
2008	4,01
2009	3,74
2010	6,32
2011	4,09
2012	3,05
Total	21,21

$$E_U[kJ](\%) = E_T[kJ](\text{ano})/E_U(\text{ano}) \times 100 \quad \text{Eq.(6.28)}$$

A percentagem de energia útil que se conseguiria utilizar através da utilização da biomassa proveniente da manutenção das faixas da RVF aproxima-se geralmente de 4%, à excepção do terceiro ano em que reflecte uma percentagem de 6,3% (Tabela 6.19).

De forma a se realizar uma análise dos custos da restante energia necessária é necessário saber que quantidade energética é necessária para completar as necessidades energéticas.

Tabela 6.20 - Encargo financeiro relativo à aquisição de pellets

Ano	Energia necessária em pellets (kJ)	Quantidade de pellets necessária (ton)	Encargo financeiro relativo às pellets (€)
2008	$1,52 \times 10^8$	267,5	48148
2009	$1,42 \times 10^8$	268,2	49249
2010	$2,36 \times 10^8$	261,1	48891
2011	$1,55 \times 10^8$	267,3	51053
2012	$1,15 \times 10^8$	270,2	52643

$$E_{pn}[kJ] = E_U[kJ](\text{ano}) \times E_U[kJ](\%)/100 \quad \text{Eq.(6.29)}$$

O encargo financeiro relativo à aquisição de pellets foi calculado tendo como base um aumento do preço das pellets em 2%/ano (Tabela 6.20).

No que diz respeito aos encargos financeiros do transporte quer das pellets quer da estilha, estes encontram-se sob os mesmos pressupostos indicados no ponto 6.3.

Tabela 6.21 - Encargo financeiro relativo ao transporte de pellets

Ano	Nº de deslocações associadas à estilha	Encargo financeiro relativo ao transporte da estilha	Nº de deslocações associadas às pellets	Encargo financeiro relativo ao transporte de pellets
2008	3	33,1	16	363,2
2009	3	33,8	16	371,4
2010	4	32,2	15	368,7
2011	3	55,3	16	384,7
2012	2	36,5	16	396,2

Em relação aos encargos da obtenção da estilha somente é possível contabilizar o custo que seria associado à subcontratação de uma empresa, 344,12 €/ha (CAOF), que no total reflectiria um valor de 12213 € no primeiro ano, 11618 € no segundo ano, 19984 € no terceiro ano, 13194 € no quarto ano e 10005 € no quinto ano, tendo em conta um aumento do custo dos serviços em 2% ao ano.

Após o cálculo de todas as variáveis envolvidas neste cenário é possível o cálculo de período de retorno.

Tabela 6.22 - Período de retorno (Cenário 4)

Ano	Custo da caldeira a biomassa (€)	Custo do gás natural (€)	Custo das pellets (€)	Custo do transporte de pellets (€)	Custo de transporte da estilha (€)
0	100000	59362	48149	363	33
1	88139	60549	48283	371	34
2	73773	61760	46993	369	32
3	59326	62995	48109	385	55
4	44138	64255	48634	396	37
5	31998	65540	52965	400	36
6	19658	66851	54069	408	35
7	5511	68188	53578	404	59
8	-7789	-	-	-	-

Neste cenário o cálculo do período de retorno é efectuado tendo em conta as quantidades de estilha obtidas a cada 5 anos assim como as necessidades energéticas no que diz respeito às pellets, daí se verificarem encargos financeiros não constantes. No entanto foi considerada uma inflação dos diferentes preços em %/ano (Tabela 6.22).

O período de retorno apresenta-se ao fim de 7,39 anos.

O custo de manutenção das faixas da RVF, não está contemplado no cálculo do período de retorno devido a ser um trabalho obrigatório a executar pela CME, tal como comparado com o custo da execução de podas no cenário 6.3.

No campo das emissões, estas seriam provenientes do transporte das pellets desde a fábrica de produção até ao Balneário Marinho, assim como do viveiro municipal até BM.

No que diz respeito às emissões associadas à manutenção das faixas da RVF, não é possível obter esse valor devido a ser um serviço subcontratado e não se conseguir obter valores em termos de gastos de gasóleo e qual o tipo de máquinas a utilizar.

As emissões associadas ao carregamento de pellets são apresentadas na Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - Emissões associadas ao cenário 4

Ano	Emissões CO ₂ associadas ao transporte das pellets (kg CO ₂)	Emissões associadas ao transporte da estilha (kg CO ₂)	Total/ano (kg CO ₂)
2008	122,9	2,1	125,0
2009	123,2	2,0	125,2
2010	120,0	3,3	123,3
2011	122,8	2,2	125,0
2012	124,1	1,6	125,8

6.5 CENÁRIO 5

No ponto 6.4 efectuou-se a quantificação da quantidade de biomassa que seria possível obter através da limpeza das faixas da RVF, que é o que é exigido por Lei à Câmara Municipal. No entanto, uma vez que existem manchas florestais surge a ideia de se analisar se seria viável a limpeza integral das manchas.

Como referido no ponto anterior, a Câmara Municipal não dispõe de meios para efectuar essa limpeza pelo que teria que subcontratar. O custo para efectuar este tipo de trabalhos pode ser verificado nas tabelas elaboradas pela Comissão para o Acompanhamento para as Operações Florestais nas quais se encontra discriminado o preço consoante as condições dos terrenos (declive) e consoante os meios utilizados. No caso do município de Espinho a acção a realizar seria efectuada com motorroçadora, que teria um custo mínimo de 344,12 €/ha.

Atendendo aos hectares a efectuar uma intervenção (475 ha) o encargo financeiro seria de 163.500€ anuais, o que inviabiliza logo de início este cenário devido a este custo ser superior ao da aquisição da caldeira a biomassa. Perante esta situação há a considerar as outras alternativas já apresentadas.

6.6 CENÁRIO 6

Atendendo aos pontos 6.3 e 6.4 verifica-se que a sua execução é viável do ponto de vista energético e financeiro e como a execução de um dos cenários não inviabiliza o outro é interessante analisar a junção dos dois cenários.

A junção destes cenários tem que ser analisada numa base de 5 anos uma vez que a manutenção das faixas da rede viária florestal está programada para esse espaço de tempo. Quanto às podas das árvores estas variam alternadamente de 2304 árvores podadas num ano para 2412 no ano seguinte.

Do ponto de vista energético a energia térmica que se conseguiria obter em cada um dos casos é apresentada na Tabela 6.24.

Tabela 6.24 - Total de energia útil que se consegue obter através da junção de dois cenários

Ano	Energia térmica que se poderá obter da estilha no caso das podas (kJ)	Energia térmica que se poderá obter no caso da manutenção da RVF (kJ)	Total (kJ)
1	$8,84 \times 10^8$	$1,52 \times 10^8$	$1,04 \times 10^9$
2	$9,95 \times 10^8$	$1,42 \times 10^8$	$1,14 \times 10^9$
3	$8,84 \times 10^8$	$2,36 \times 10^8$	$1,12 \times 10^9$
4	$9,95 \times 10^8$	$1,55 \times 10^8$	$1,15 \times 10^9$
5	$8,84 \times 10^8$	$1,15 \times 10^8$	$9,99 \times 10^8$

Tendo em atenção que a energia útil necessária para o funcionamento da caldeira a biomassa é de $3,79 \times 10^9$ kJ, tal como efectuada nos cenários anteriores é possível estimar a quantidade de pellets necessárias para preencher as restantes necessidades energéticas.

A quantidade de pellets necessária é apresentada na Tabela 6.25.

Tabela 6.25 - Necessidades energéticas em termos de pellets

Ano	Energia térmica necessária das pellets (KJ)	Quantidade de pellets necessárias (ton)	Encargo financeiro associado às pellets (€)
1	$2,75 \times 10^9$	203	36450
2	$2,65 \times 10^9$	195	35816
3	$2,67 \times 10^9$	196	36752
4	$2,64 \times 10^9$	194	37038
5	$2,79 \times 10^9$	205	39895

O cálculo da quantidade de pellets necessárias foi efectuado tendo em conta o rendimento da caldeira. O encargo financeiro reflecte um aumento de 2% do preço das pellets anualmente.

Neste ponto falta saber o número de deslocações necessárias para o abastecimento de pellets e estilha e seus custos assim como as emissões associadas a estas. Desta forma os cálculos efectuados foram executados da mesma forma que nos pontos anteriores e os seus resultados são apresentados na Tabela 6.26.

Tabela 6.26 - Encargo financeiro associado ao carregamento/descarga de biomassa

Ano	Nº de deslocações associadas ao carregamento/descarga de pellets	Encargo financeiro associado ao carregamento/descarga de pellets (€)	Nº de deslocações associadas ao carregamento/descarga de estilha	Encargo financeiro associado ao carregamento/descarga de estilha (€)	Encargo financeiro associado aos carregamentos/descargas de biomassa (€)
1	12	275	15	181	456
2	11	270	16	202	475
3	11	277	16	203	480
4	11	279	16	212	492
5	12	301	14	188	489

O período de retorno foi calculado da mesma forma que nos cenários anteriores e que se revela que ao fim de 4,14 anos.

No que diz respeito às emissões de CO₂, neste caso, tal como nos cenários anteriores as emissões a contabilizar são as referentes aos carregamentos/ descargas de pellets e estilha (Tabela 6.27).

Tabela 6.27 - Emissões associadas ao cenário 6

Ano	Emissões associadas ao carregamento/descarga de pellets (kg CO ₂)	Emissões associadas ao carregamento/ descarga de estilha (kg CO ₂)	Emissões anuais (kg CO ₂)
1	93,0	11,5	104,6
2	89,6	12,7	102,3
3	90,2	12,5	102,7
4	89,2	12,8	102,0
5	94,3	11,1	105,4

Nos anos em que há maior necessidade de pellets verifica-se que as emissões de CO₂ aumentam (Tabela 6.27).

O período de retorno foi calculado mais uma vez tendo em conta os encargos associados ao transporte de pellets e estilha.

Tabela 6.28 - Período de retorno no cenário 6

Ano	Custo da caldeira a biomassa (€)	Custo do gás natural (€)	Custo das pellets (€)	Custo do transporte de pellets (€)	Custo de transporte da estilha (€)
0	100.000	59.362	36.450	275	181
1	75.544	60.549	35.816	270	202
2	53.282	61.760	36.752	277	203
3	28.754	62.995	37.038	279	212
4	3.288	64.255	39.895	301	188
5	-20.583	-	-	-	-

O período de retorno efectua-se a partir dos 4,14 anos (Tabela 6.28).

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

A presente tese teve como objectivo a análise da possibilidade e viabilidade técnico/económica da gestão e valorização material e energética da biomassa resultante das actividades de manutenção de espaços verdes e floresta no município de Espinho. A análise do problema deve ser realizada integrando três componentes: energética, económica e ambiental. Para uma análise mais concreta e correcta da questão, a análise dos dados obtidos é importante em três campos: energético, económico e em termos de emissões.

7.1 VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA

No que diz respeito ao primeiro campo, o energético, o objectivo principal centrou-se na redução do consumo de energia e de um uso mais eficiente desta. O aproveitamento de biomassa existente no concelho foi descrita na secção 6 e é necessária uma reflexão de qual das soluções seria a mais compensadora para a autarquia.

A energia útil necessária para o funcionamento da caldeira por um ano é de $3,79 \times 10^9$ kJ. Nos diversos cenários foram apresentadas soluções de forma a se rentabilizar recursos existentes no município.

Esta secção pretende agrupar os dados obtidos nas diferentes análises de forma a avaliar de diferentes pontos de vista a viabilidade da execução da proposta inicial. Nos cenários em que a análise foi efectuada no capítulo anterior numa base superior a 1 ano, apresentam-se aqui sob a forma de um valor médio desses anos.

A Tabela 7.1 apresenta os dados sob forma de energia total necessária ao funcionamento da caldeira.

Tabela 7.1 - Resumo da quantidade de energia necessária

	Cenário actual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Quantidade de energia adquirida gás natural/pellets (kJ)	$4,74 \times 10^9$	$4,74 \times 10^9$	$3,56 \times 10^9$	$4,54 \times 10^9$	-	$3,38 \times 10^9$
Quantidade de energia obtida através de recursos endógenos (kJ)	0	0	$1,17 \times 10^9$	$2,01 \times 10^8$	-	$1,36 \times 10^9$

Os dados relativos ao quinto cenário não se apresentam na tabela 7.1 devido ao custo anual de obtenção da estilha ser superior à aquisição da caldeira a biomassa. Desta forma economicamente a escolha deste cenário inviabiliza a sua execução. Em relação aos outros cenários, o cenário do aproveitamento da biomassa proveniente das podas

anuais revela-se menos vantajoso que o do aproveitamento da biomassa da manutenção das faixas da RVF, no entanto o aproveitamento de ambos revela que não teria que ser adquirida cerca de 30% da energia. Sendo um dos objectivos deste trabalho o aproveitamento de recursos endógenos do município, esta alternativa apresenta-se viável do ponto de vista energético.

As energias apresentadas na Tabela 7.1 referem-se a energia térmica total que terá que ser adquirida, ou que se consegue obter através do aproveitamento da biomassa para combustão na caldeira a biomassa.

A opção certa a ser considerada terá igualmente e certamente maior valor aquando de uma tomada de decisão se esta se revelar economicamente viável. Não basta a apenas haver aproveitamento de um recurso endógeno se não se verificar qualquer benefício financeiro.

Tabela 7.2 - Resumo de encargos financeiros associados aos diferentes cenários

	Cenário actual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Encargos financeiros associados à compra de gás natural/ pellets (€)	59.358	50192	39413	49997	-	37190
Encargos financeiros associados à obtenção de estilha (€)	0	0	32760	13402	-	45162
Encargos financeiros associados ao transporte de estilha (€)	0	0	205	38,2	-	197,2
Encargos associados ao transporte de pellets (€)	0	378,6	291	377	-	280,4
Período de retorno (anos)	-	10,20	4,58	7,39	-	4,14

Atendendo ao facto de que uma caldeira a biomassa tem um período de vida de cerca de 20, todas as hipóteses apresentadas à excepção do cenário 5, apresentam-se exequíveis sob o ponto de vista económico.

No caso do cenário 2, referente à substituição da caldeira actualmente existente por uma com combustível biomassa e associando os custos que o transporte da biomassa requer, esta opção apresenta-se viável e o investimento da instalação da nova caldeira retomado ao fim de pouco mais de 10 anos.

Em relação ao aproveitamento da biomassa proveniente das podas das árvores, actualmente esta é aproveitada para colocação em jardins como forma de prevenir o crescimento de infestantes. A Câmara Municipal adopta esta pratica de forma a minimizar os custos que advém da deposição destes resíduos na Lipor. Caso a Câmara tome a opção do aproveitamento desta biomassa de acordo com o presente estudo poderá vir a poupar cerca de 25% da energia que teria que obter em comparação com a aquisição de pellets.

De realçar ainda que no caso dos cenários 3 e 4 estes apresentam-se como uma alternativa viável devido ao facto de serem trabalhos que a Câmara municipal tem que efectuar obrigatoriamente. Caso não fossem efectuadas podas nem fossem efectuadas

manutenções das faixas da RVF e se sugerisse a realização destes trabalhos para o aproveitamento da biomassa daí proveniente, estes cenários não seriam economicamente viáveis uma vez que os custos de obtenção da estilha serem superiores ao benefício económico actual (Tabela 7.2).

Verifica-se que apesar de se ter que realizar mais viagens para carregamento e descarga de estilha em comparação com igual quantidade em pellets, uma vez que a densidade da estilha é inferior à das pellets o facto de a viagem associada à estilha ser menor faz com que seja mais vantajoso o uso da estilha sempre que possível.

Na vertente energética, o cenário 6 é também aquele que do ponto de vista económico se apresenta mais vantajoso reflectindo um período de retorno de 4,14 anos.

Tabela 7.3 - Resumo das emissões associadas aos diferentes cenários

	Cenário 1 (actual)	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Emissões associadas à queima de combustível na caldeira (kg CO ₂)	299.378	0	0	0	-	0
Emissões associadas ao transporte de pellets (kg CO ₂)	0	128	98,5	122,6	-	91,3
Emissões associadas ao transporte de estilha (kg CO ₂)	0	0	13,1	2,24	-	12,1
Emissões associadas ao estilhador (kg CO ₂)	0	0	2.365	0	-	2.365

As emissões verificadas em cada um dos cenários estão resumidas na Tabela 7.3. O cenário actual é o que apresenta maiores emissões de CO₂ devido à queima de um combustível fóssil, o qual apresenta um valor muito elevado quando comparado com os outros cenários. As emissões associadas às manutenções gerais efectuadas por parte do sector dos jardins não estão contabilizadas neste resumo uma vez que são as mesmas para todos os cenários e neste caso importa analisar as diferenças de emissões de acordo com as medidas propostas.

Dos vários cenários apresentados, o cenário 4 é o que apresenta menor índice de emissões de CO₂, no entanto é também aquele que apresenta menor quantidade de estilha obtida. Analisando os dados obtidos, o cenário 6 é aquele que apresenta menor índice de emissões de CO₂ quando comparado com os restantes cenários em termos da massa de estilha que se obtém.

Actualmente a Comissão Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto fixou o preço da tonelada de CO₂ em 20 € [8]. Atendendo a este valor e caso a Câmara Municipal tenha que pagar as suas emissões de CO₂, verifica-se que no caso do cenário actual, esse valor seria de cerca de 6.000 € anuais. No caso do cenário 2 seria de 2,50 €, no cenário 3 de 49,5 €, no cenário 4 de 2,49 € e no cenário 6 de 49,4 €. Desta forma os períodos de retorno em cada um dos cenários em que se propõe a instalação de uma caldeira a biomassa seriam diminuídos.

Um dos aspectos ainda não focados até este ponto é o destino das cinzas resultantes da caldeira a biomassa. Este tipo de resíduo, como é biodegradável poderia ser aproveitado para a adubação de solos de canteiros e plantas existentes no viveiro. O seu armazenamento poderia ser efectuado no viveiro.

7.2 VALORIZAÇÃO MATERIAL

7.2.1 ANÁLISE DE DADOS E PROPOSTA DE MELHORAMENTO REFERENTE À UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS VERDES PROVENIENTES DAS MANUTENÇÕES APÓS A ANÁLISE EFECTUADA ANTERIORMENTE, EXISTE A NECESSIDADE DE SE PROPOR UMA ALTERNATIVA AO DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS QUE SÃO DEPOSITADOS NA CENTRAL DE VALORIZAÇÃO ORGÂNICA DA LIPOR (CVO).

Como apresentado na secção 5.3 anualmente são recolhidas cerca de 790 toneladas de resíduos verdes por ano que não podem ser aproveitados como combustível para uma eventual caldeira que funcione com combustível biomassa, no entanto poderão ser utilizados sob outra forma.

O custo associado ao transporte destes resíduos para a CVO da Lipor teve um custo de cerca de 1250€ no ano de 2007 e correspondeu a cerca de 4647 kg CO₂ emitidos no processo de descargas.

De forma a beneficiar destes resíduos surge a oportunidade de se proceder à sua compostagem em local da Câmara. O local que parece neste caso mais apropriado para o efeito é o viveiro municipal. O tipo de compostagem a efectuar numa fase inicial seria uma compostagem tradicional sem recurso a aceleradores de compostagem ou outros meios mecânicos. O composto resultante deste processo poderia ser utilizado no enriquecimento da terra do viveiro assim como dos vários jardins existentes no município.

Outra das formas existentes para a diminuição de descargas de resíduos verdes é o fomento à compostagem caseira. Actualmente existe no município de Espinho um programa em parceria com a Lipor na qual são oferecidos compostores aos cidadãos que demonstrem interesse por esta prática. No entanto esta iniciativa não tem tido a adesão desejada por parte da população muito por falta de uma campanha de sensibilização.

8 CONCLUSÕES

A questão inicial colocada no âmbito da realização deste trabalho prendeu-se com análise da possibilidade de utilizar os resíduos de biomassa resultantes da manutenção de espaços verdes de forma mais eficaz e ambientalmente mais correcta do que a actualmente verificada.

Numa primeira fase de trabalho procedeu-se à recolha de dados junto da Câmara Municipal, no sentido de averiguar a existência de quantidades de resíduos de biomassa suficientes de forma a pensar e sugerir diferentes cenários para a sua utilização. A etapa seguinte prendeu-se com o facto de se tentar perceber se existia um local pertencente à Câmara Municipal, ou ao encargo desta, capaz de ser alvo de um estudo para a aplicação da biomassa. O local averiguado foi o Balneário marinho devido a ser um local com potencial espaço físico para a instalação de uma caldeira e com condições para armazenamento de biomassa. Outro dos motivos que levou à escolha deste lugar foi o facto de ser o maior consumidor de gás natural ao encargo da Câmara Municipal.

Foi interessante constatar que um município com um tamanho tão reduzido possuísse o número de árvores de alinhamento que se verificaram assim como é também interessante do ponto de vista ambiental a forma que actualmente se utiliza a biomassa proveniente das podas das árvores.

Após a análise dos dados obtidos durante a realização deste trabalho foi conclusiva a ideia de que o aproveitamento da biomassa proveniente, quer das podas das árvores, quer dos diversos trabalhos de manutenção de espaços verdes se apresenta como uma alternativa viável dos pontos de vista energético, financeiro e ambiental.

Os cenários apresentados foram escolhidos de forma a se poder estudar isoladamente cada um dos casos onde o aproveitamento de biomassa é possível. Conclui-se que qualquer uma das alternativas apresentadas à excepção da apresentada no cenário 5, eram viáveis e favoráveis à opção actualmente utilizada, o recurso ao gás natural.

Verificou-se que é possível o aproveitamento da biomassa resultante de diferentes tarefas associadas ao sector dos jardins, como a conjugação da biomassa proveniente da poda das árvores com a biomassa proveniente da limpeza das faixas florestais, tal como se pode verificar pelos dados obtidos no cenário 6. Este revelou ser o cenário mais vantajoso do ponto de vista da conjugação das três vertentes estudadas, energética, financeira e ambiental.

Após a realização deste estudo entende-se que o principal objectivo foi cumprido, no entanto existiram condicionantes a se ter em conta como o facto de neste estudo terem sido utilizados valores de referência respeitantes ao ano 2007. Esta condicionante poderá reflectir um desvio da realidade e os valores reais de cada ano poderão variar um pouco em relação aos apresentados neste estudo. Para contornar esta condicionante deveria ter sido utilizada uma média de valores de biomassa resultantes da manutenção de espaços verdes de vários anos transactos, no entanto devido a falta de dados de anos anteriores essa análise não foi possível. Outra das condicionantes

verificadas foi a dificuldade de acesso a dados essenciais para a realização deste trabalho que adiaram no espaço do tempo a realização deste estudo.

8.1 SUGESTÕES

Terminado este estudo verifica-se que existem vertentes que necessitam e devem ser aprofundadas de forma a se dar uma continuidade do que aqui foi descrito. Um dos pontos a desenvolver após este trabalho é o aprofundar da ideia do aproveitamento dos resíduos verdes que não servem para aproveitamento energético, isto é, neste estudo foi apresentada a ideia da compostagem desses resíduos, mas espera-se que seja somente o início de uma ideia para o desenvolvimento de uma política de compostagem ao nível municipal. A compostagem destes resíduos espera-se que seja uma “rampa de lançamento” para seguidamente o município construir um centro de compostagem de resíduos verdes provenientes de munícipes e posteriormente avançar com a compostagem de resíduos orgânicos no município.

Outro “movimento” que se espera que se erga após este estudo é o da consciencialização dos autarcas do município de que é possível o recurso a energias denominadas “verdes” sem que seja economicamente prejudicial para o município e espera-se que após a realização de um projecto deste género sejam possíveis a realização de outros de cariz semelhante e que sirvam de exemplo para todos os envolventes.

Entende-se que apesar de várias dificuldades verificadas ao longo deste percurso, os principais objectivos foram cumpridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENE/INETI, 2001. Fórum Energias Renováveis em Portugal. Relatório síntese. Lisboa
- AFREPREN/FWD, 2002. African Energy Data Handbook. Ocasional Paper nº 13
- Alakangas, E., 2002. Wood pellets in Finland – technology, economy and market. OPET Bloch L.T. Conference on pellets. Finlândia
- Barroso, V., 2001. Bioenergia sob a perspectiva de uma empresa de electricidade – a central termoelectrica de Mortágua, Programa e Actas do Workshop Internacional e Bioenergia – Economia, Mercados e Oportunidades: 11-19. Lisboa, 15 e 16 de Outubro
- Bertoldi, M., Schnappinger, U., 2001. Correlation among plant design, process control and quality of compost. Proceedings of the International Conference ORBIT 2001 on Biological processing of waste: a product – oriented perspective. Sevilha, Maio, pp.3-13.
- Best, G. and Christensen, J. 2003. Role of Biomass in global energy supply. Riso Energy Report 2. Riso Denmark
- Bhattacharya, S., 2002. Biomass energy and densification: A Global Review with Emphasis on Developing Countries, Proceedings of the first Conference on Pellets: 1-17. Estocolmo, 2 a 4 de Setembro
- CBE, 1993. Estimativa de disponibilidades de biomassa florestal residual no país. Ed. Centro da Biomassa para a Energia, Miranda do Corvo.
- CBE, 2002. Aquecimento a biomassa em grandes edifícios – Aspectos Técnicos Essenciais. Ed. Centro da Biomassa para a Energia, Miranda do Corvo
- Chiaramonti, D. e Martelli F., 2007. Biomass energy conversion technologies (thermal): Combustion – IMES. Tese de mestrado em bioenergia, Módulo 2.4. Faculdade Ciências e Tecnologias – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa
- Costa, J, 2007. Caracterização de resíduos resultantes da Co-combustão de biomassa e carvão. Tese de mestrado de bioenergia. Faculdade Ciências e Tecnologias – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa
- Direcção Geral de Geologia e Energia, 2005. A factura energética de Portugal. DGGE. Lisboa
- Direcção Geral dos Recursos Florestais, 2007. Estratégia Nacional para as Florestas. DGRF. Lisboa
- Fernandes, P., 1998. Residual biomass in the Vale do Sousa region, Northern Portugal. Universidade de Trás-os Montes e alto Douro, Vila Real.
- Goldemberg, J., 2003. Case for Energy Renewables, Thematic Background paper for the Renewable 2004 Conference
- Hall, D.O., and Rosillo- Calle, 1998. Evaluating environmental effects and carbon sources and sinks resulting from biomass production and use in development countries: Biomass: Data analysis and trends (293-314). OECD/IEA, Paris
- Hall, DO and Y.S. Mao, 1994. Biomass Energy and Coal in Africa. AFRPREN, London, 1994.
- International Energy Agency 1998. World Energy Outlook, 1998. IEA, Paris
- International Energy Agency 2002a. World Energy Outlook, 2002a. IEA, Paris

- International Energy Agency 2003a. Energy Balances of non-OECD countries 2000-2001. IEA, Paris
- International Energy Agency 2003c. Statistics, Renewables information
- Inventário Florestal Nacional, 2001 (IFN). Direcção Geral das Florestas
- Kanury, A. 1994. Combustion characteristics of biomass fuels. Combustion Science and Technology 97.
- Karekezi S, and Kithyoma W, 2002. Renewable Energy Strategies for rural Africa: is a PV-led renewable energy strategy the right approach for providing modern energy to the rural poor of sub-Saharan Africa?, in Energy policy Volume 30, nº 11-12 Elsevier science, UK.
- Karekezi, S. and Ranja T., 1997. Renewable Energy Technologies in Africa. Zed Books Limited. London
- Karekezi, S., 2002. Poverty and energy in Africa: impact on the poor. Energy Policy 30 (11-12) 915-919.
- Kgathi DR, Hall DO, Hategeka A, Sekhwela, M., eds. 1997. Biomass energy Policy in Africa: selected case studies. London, UK. Zed Books.
- Klass D.L. 1998. Biomass for renewable energy, fuels and chemicals. Academic press. California, USA.
- Obernberger, I. e Thek, G. 2002. Physical characterization and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their composition behavior. Proceedings of the first world Conference on Pellets. Estocolmo.
- Paredes, C., Roig, A., Bernal, M. P., Sanchez- Monedero, M.A., Cegana, J., 2000. Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting. Biol.Fert. Soils, 32, 222-227.
- Pereira, H., 2001. A investigação na área da biomassa e bioenergia, Programa e Actas do Workshop Internacional Biomassa e Bioenergia – Economia, Mercados e Oportunidades: 39-40. Lisboa, 15 e 16 de Outubro.
- Reddy, K.N., Williams, R.H. and Johansson T.B., 1997. Energy After Rio: Prospects and challenges. United Nations Development Programme, New York
- Silva, R., Tavares, M., Páscoa, F., 1991. Residual biomass of forest stands – Pinus pinaster Ait. And Eucalyptus globules Labill, Actas nº 5 , 10º Congresso Florestal Mundial, Paris.
- Tabarés, J. e Ortiz, L. 2000. Feasibility study of energy use for densified lignocellulosic material (briquettes).
- Teke, 2007. Finnish Funding Agency for Technology and Innovation. Finlândia
- Tomati, U., Galli, E., Fiorelli, F. and Pasetti. 1996. Fertilisers from composting of olive-mill wastewaters. International Biodeterioration and Biodegradation, 38, 155-162.
- Vlyssides, A.G., Bourassis, D.L., Loizidou, M. and Kandouni, G. 1996. Study of demonstration plant for the co-composting of olive oil – processing waste water and solid residue. Biosource Technology, 56, 187-193.
- Wherther, J. e Saenger, M. 2000. Combustion of agricultural residues. Progress in Energy and Combustion Science.
- World Bank, 2003. World Development Report: 2003. World Bank, Washington D.C.

Yamamoto, Y., Fujino, J., and Yamaji, K., 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multiregional global- land-use-and-energy model: Biomass and Bioenergy, 21 (185-203). Elsevier science Limited, Oxford

Aguiar, R., 2006. Apresentação SIAM sobre Impactos e Adaptações no sector energético BBC News, Viewpoints, the urban world in 2050. FCT. Lisboa

Plano Nacional para as Alterações Climáticas, 2006. Resolução do Conselho de Ministros nº 104/2006. PNAC. Lisboa

IEA/NEA, 2002. Externalities and Energy Policy: the life cycle analysis approach. Workshop proceedings. OCDE. Paris

Sítios na internet

1-Câmara Municipal de Espinho: www.cm-espinho.pt, acedido em 2007

2- Direcção Geral dos Recursos Florestais: www.dgrf.min-agricultura.pt acedido em 2008

3- Autoridade Florestal Nacional: www.dgrf.min-agricultura.pt acedido em 2007

4 –Lusitânia Gás: www.gasnatural.galpennergia.pt acedido em 2007

5 – Energias renováveis: www.energiasrenovaveis.com, acedido em 2009

6 – www.adene.pt, acedido em 2007

7- www.salmatec.gmbh.de, de 2006

8 – Agência Portuguesa do Ambiente, www.apambiente.pt, acedido em 2009